

SCIENCES ET AVENIR

Sciencesetavenir.fr



**LES ASTÉROÏDES
CENTAURES**
**UNE MENACE
POUR LA TERRE**

p.36

LE VENTRE

Clé de notre santé

Dépression • Immunité • Cancer...
Les 8 conseils pour en prendre soin

p.26

SEPTEMBRE 2016 - N° 835 ALLEMAGNE 6,80 € / AUTRICHE 5,40 € / BELGIQUE 5,20 € / GRÈCE 5,20 € / CANADA-USA 7,50 \$ / ESPAGNE : 5,20 € / ITALIE 5,20 € /
LUXEMBOURG 5,20 € / MAROC 45,00 MAD / TOM 730 XPF / TOM (AVON) 1400 XPF / PORTUGAL 5,20 € / SUISSE 7,70 CHF / TUNISIE 6,50 TND / DOM 5,20 €





N°7

SOLGAR

MARCHER, COURIR, SAUTER, JOUER - You Can* !

N°7 SOLGAR est une formule inédite avec :

- collagène
- extraits de plantes (*boswellia, curcuma, saule, gingembre, piment de Cayenne, poivre noir*)
- et vitamine C qui contribue à la formation du collagène pour assurer le fonctionnement normal des **cartilages articulaires**.



SOLGARDEZ-vous BIEN !

* Vous Pouvez !

Pour votre santé, mangez au moins cinq fruits et légumes par jour. www.mangerbouger.fr



JPG - 1000x780px



Dominique Leglu
Directrice de la rédaction

La santé par le ventre

C'est un nouveau continent que les scientifiques ont découvert, avec ses autoroutes de l'information et sa biodiversité foisonnante. *Sciences et Avenir* en faisait déjà sa couverture en 2012, avertissant ses lecteurs de l'existence de ce « deuxième cerveau » : notre ventre, 200 millions de neurones, qui dialogue avec le premier, tapi sous notre crâne. Depuis, l'expression a fait florès et ce continent (de moins en moins) tabou qu'est l'intestin (1) s'est mué en destination très prisée de nouveaux conquérants. Pour ces explorateurs spécialisés, notre « microbiote » intestinal mérite plus qu'un détour. Il faut l'observer dans toute son efflorescence. Cette jungle de 40 000 milliards de bactéries, dont beaucoup aux noms aussi imprononçables que *Lachnospiraceae* ou *Bacteroidetes*, pourrait en effet rapporter gros. Tel un eldorado, notre flore intestinale délivre aussi bien une promesse de savoir fondamental en biologie (aujourd'hui) que de lutte contre plusieurs graves maladies – dépression, autisme, cancer (demain)

ou de monnaie sonnante et trébuchante (après-demain). Pas étonnant que des programmes de recherche internationaux (compter en millions d'euros) aient été lancés en Europe et aux États-Unis pour en cerner les contours. Pas étonnant que les entreprises agroalimentaires ou pharmaceutiques aient ces travaux à l'œil pour en exploiter les éventuelles pépites (compter en milliards ou dizaines de milliards d'euros).

Devant cet engouement, *Sciences et Avenir* a voulu faire le point. Et s'il ne fallait retenir qu'un mot, encore méconnu mais qui pourrait demain courir sur toutes les lèvres, ce serait celui de « psychobiotiques ». Autrement dit, comme les définit John Cryan, de l'université de Cork (Irlande), cité par notre spécialiste Elena Sender, « des bactéries vivantes ayant un effet positif sur la santé mentale ». On comprend instantanément l'enthousiasme qui peut présider à certaines expériences de laboratoire ! Nous vous les racontons, et elles sont très surprenantes, celles

menées sur des souris, d'ailleurs très spéciales, car dépourvues de microbiote intestinal. Dites axéniques, que croyez-vous qu'on trouve à ces petites bêtes ? Elles présentent des troubles de mémorisation et de comportement. Et que pensez-vous qu'on leur fait ? Eh bien, les biologistes leur réimplantent un microbiote et, ô miracle scientifique, leurs perturbations régressent (lire p. 28). Des expériences ont aussi eu lieu sur des humains, bien comme nous, volontaires sains qui ont accepté d'absorber certaines bactéries quand d'autres n'ingurgitaient que des placebos (2). De quoi imaginer, un jour, des aliments dotés de probiotiques (les micro-organismes vivants) donnant de bons psychobiotiques ? Pour éviter toute fausse promesse, il est clair qu'une autre exploration devra désormais être menée avec grande rigueur par les scientifiques et les médecins, celle des essais cliniques.

1) Voir le succès de l'ouvrage *Le Charme discret de l'intestin. Tout sur un organe mal aimé*, Giulia Enders, Actes Sud, 2015.
2) On pourra relire à cette occasion les articles que S. et A. a consacrés aux placebos (n° 831, mai 2016 et aussi sciav.fr/2bvaaVK).



Pour joindre la rédaction :

41 bis, avenue Bosquet 75007 Paris - Tél. : 01.55.35.56.00.

E-mail : redaction@sciencesetavenir.fr - Site Internet : sciencesetavenir.fr

Directrice de la rédaction

Dominique LEGLU - 01.55.35.56.02
assistée de Valérie PELLETIER - 01.55.35.56.01

Rédacteurs en chef

Carole CHATELAIN (mensuel) - 01.55.35.56.57
Aline KINER (hors-série) - 01.55.35.56.42
Olivier LASCAR (pôle digital) - 01.55.35.56.15

Adjoint à la rédaction en chef

Laurent PERICONE (édition) - 01.55.35.56.10

Rédactrices en chef adjointes

Andréina DE BEI
(photo-icongraphie) - 01.55.35.56.31
Stéphane DESMICHÈLE
(pôle digital) - 01.55.35.56.24

Direction artistique

Thierry VERRET (conception)
Dominique PASQUET
(couverture) - 01.44.55.35.56.59
Jean-Louis GILABERT
(directeur artistique) - 01.55.35.56.28
Thalia STANLEY
(directrice artistique adjointe) - 01.55.35.56.21

Secrétaire générale de la rédaction

Véronique MESSAGER - 01.55.35.56.18

Chefs de service

Rachel MULOT (enquêtes) - 01.55.35.56.07
Mathieu NOWAK (actualités,
rendez-vous) - 01.55.35.56.38

Adjoint au chef de service

Hervé RATEL (actualités) - 01.55.35.56.45

Chefs de rubrique

Azar KHALATBARI (fondamental,
sciences de la Terre) - 01.55.35.56.46

Sylvie RIOU-MILLIOT

(médecine, santé) - 01.55.35.56.54

Rédaction

Bernadette ARNAUD grand reporter

(archéologie, histoire) - 01.55.35.56.44

Arnaud DEVILLARD (numérique,
data, généraliste) - 01.55.35.56.27

Marc GOZLAN (médecine bio,
généraliste) - 01.55.35.56.60

Olivier HERTEL (technologie,
futur, décryptage) - 01.55.35.56.03

Sylvie ROUAT

(espace, océanologie) - 01.55.35.56.40

Elena SENDER grand reporter

(biologie, neurosciences) - 01.55.35.56.43

Collaborateurs

Brigitte BÉQUE, Loïc CHAUVEAU,

Johan KIEKEN, Florence LEROY,

Henri-Pierre PENEL

Assistante de rédaction

Isabelle RUDI-HOUET - 01.55.35.56.30 -

irudi@sciencesetavenir.fr

Ont participé à ce numéro

J-O BARUCH, S. BRIET, C. COUMAU,

C. DELUZARCHE, F. GALERON, P. KALDY,

P. LE FUR.

Secrétariat de rédaction

Frank MIETTON (1^{er} secrétaire) -

01.55.35.56.17

Maquette

Phia BAHRI - 01.55.35.56.19

Photo-icongraphie

Isabelle TIRANT - 01.55.35.56.32

Illustration

Betty LAFON - 01.55.35.56.37

Photogravure

Aurélien AUGER,

Miloud BENTEBRIA, Jean-Luc CHYZY

Pôle digital

Erwan LECOMTE (chef de rubrique) -

01.55.35.56.56

Lise LOUME (rédactrice santé) -

01.55.35.56.39

Damien HYPOLITE

(chef de projet infographie) - 01.55.35.56.23

Joël IGNASSE (rédacteur spécialisé) -

01.55.35.56.15

Hugo JALINIÈRE (rédacteur santé) -

01.55.35.56.52

Morgane KERGOAT (rédactrice animaux) -

01.55.35.56.41

Documentation

Isabelle DO O'GOMES (chef de service) -

01.55.35.56.49

Astrid SAINT AUGUSTE -

01.55.35.56.48

Fabrication

Xavier LOTH (directeur de la fabrication)

Stéphanie TERREAU (chef de fabrication)

Informatique

Daniel DE LA REBERDIÈRE -

01.55.35.56.06

Comptabilité - Ressources humaines

Mélanie BENKHEDIMI - 01.55.35.56.14

Nathalie TRÉHIN - 01.55.35.56.13

RENSEIGNEMENTS AUX LECTEURS, VENTE AU NUMÉRO

Isabelle RUDI-HOUET 01.55.35.56.50/56.30
41 bis, avenue Bosquet 75007 Paris.
courrier-lecteurs@sciencesetavenir.fr

ABONNEMENTS

Tél. : 01.40.26.86.11

8, rue Jean-Antoine de Baïf, 75013 Paris

abonnements@sciencesetavenir.fr

Tarif des abonnements :

France, 1 an simple (12 numéros) : 35 €. 1 an complet (12 numéros
+ 4 hors-séries) : 48 €. Tarifs pays étrangers sur demande.

Abonnements Belgique : Partner Press,

tél. : 00.32.2.556.41.40 - www.viapresse.be

VENTES Numéro vert (réservé aux diffuseurs de Paris et aux dépôts)

0.800.24.69.33

PUBLICITÉ

MediaObs, 44, rue Notre-Dame-des-Victoires 75002 Paris

Tél. : 01.44.88.97.70. Fax : 01.44.88.97.79.

Courriel : l'initiale du prénom puis nom suivi de @mediaobs.com

Directrice générale : Corinne ROUGÉ - 01.44.88.93.70

assistée de Marie-Noëlle MAGGIE - 01.44.88.93.70

Directeur de publicité : Sylvain MORTREUIL - 01.44.88.97.75

Directrice de clientèle et responsable Web :

Karine GROSSMAN - 01.44.88.98.08

Assistante commerciale : Séverine LECLERC - 01.44.88.97.57

Exécution : Nicolas NIRO - 01.44.88.89.26

Administration des ventes : Caroline HAHN - 01.44.88.97.58

Directeur commercial : Valéry SOURIAU

Opérations spéciales : Joëlle HEZARD

Directeur des abonnements

Philippe MENAT - 01.44.88.35.02

assisté de Lina QUACH 34.54

Relations extérieures : France ROQUE - 01.44.88.35.79

Sciences et Avenir SAS

Président, Directeur de la publication :

Claude PERDRIEL

Secrétaire général : Jean-Claude Rossignol

Multimédia : ID OBS, 10-12, place de la Bourse,

75002 Paris. Tél. : 01.44.88.34.34.

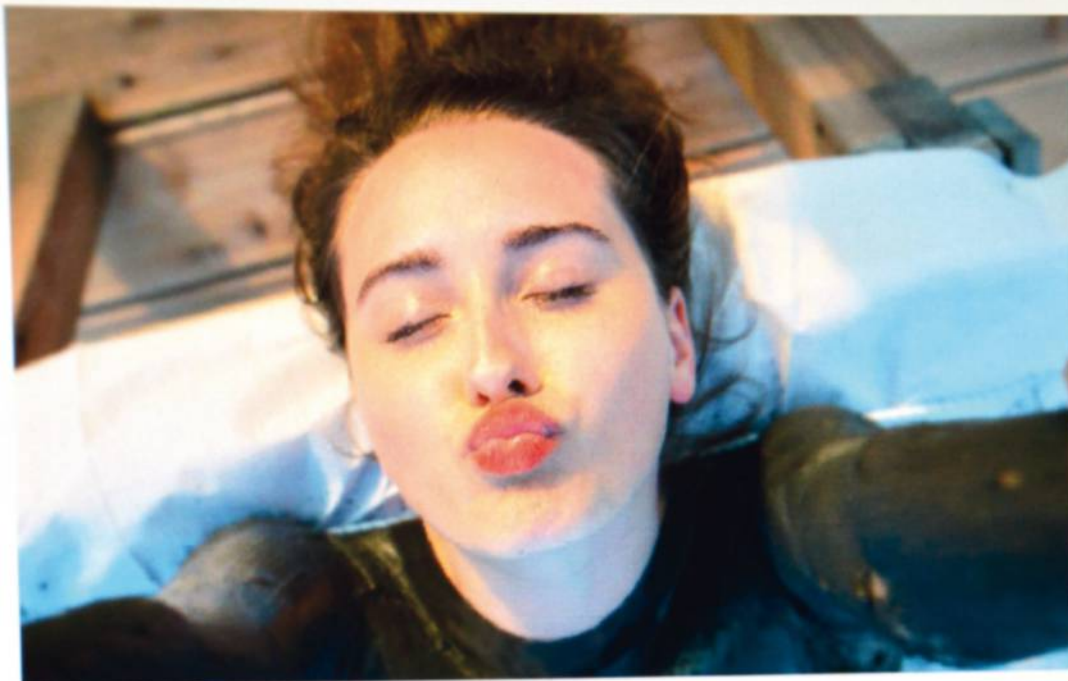
Imprimerie SEGO-Taverny. Distribution Prestalis.

Les noms et adresses de nos abonnés seront communiqués aux organismes liés contractuellement avec *Sciences et Avenir*, sauf opposition. Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement. Ce numéro comprend un tout-en-un « First Voyages », un message « L'Obs », un message « La Recherche » et un catalogue « Objet du Mois », jetés sur couverture en diffusion partielle des abonnés. Commission paritaire n° 0620 K 79712. ISSN 00368636. Distribué par Prestalis.





@chtite_loupiote a ajouté 1 nouvelle photo.
il y a 20 minutes



J'te kiffe tellement **@NordnetOFFICIEL**. Enfin du Haut-Débit dans mon joli petit bled paumé 😊! **#ConnexionsAlternatives**
#Kiss #CestKiKiVaSeFairePlez?



#HautDébitSansAdsl

Même sans ADSL, Nordnet connecte en Haut-Débit !

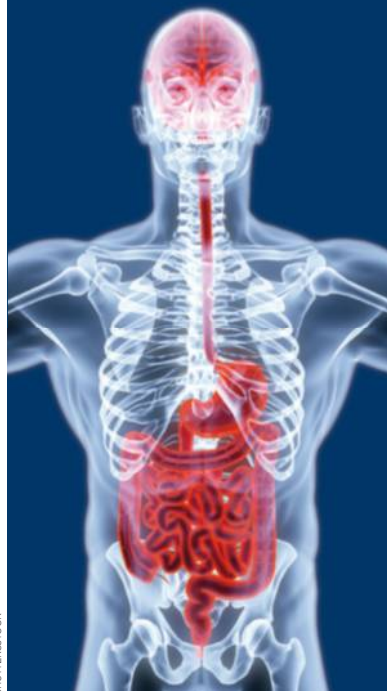
Vous êtes inéligible à un ADSL rapide ? Rassurez-vous... Pour vous, Nordnet tire parti des dernières avancées technologiques pour proposer des modes de connexion alternatifs performants. **L'Internet Satellite, le WiMAX** sont autant de technologies disponibles immédiatement, pour **vous connecter en Haut-Débit même sans ADSL**.

Partout en France métropolitaine, nous proposons des offres conçues et développées pour **satisfaire votre expérience de navigation en Haut-Débit**. Elles permettent également d'accéder à des services associés comme **le téléphone ou la télévision par exemple**.

Quels que soient vos besoins de connexion en Haut-Débit, faites confiance à Nordnet, spécialiste de l'Internet depuis 1995.

 **3420** (appel non surtaxé)
www.nordnet.com

.nordnet.
nos solutions Internet vous ouvrent le monde



DOSSIER P. 26

Le ventre clé de notre santé

Avec son système nerveux sophistiqué et sa riche flore bactérienne, l'intestin influence directement sur notre état physique comme mental. Cette découverte récente ouvre des pistes thérapeutiques pour des maladies aussi diverses que la dépression ou le diabète.

3 Édito par Dominique Leglu

7 Courrier

ÉVÉNEMENT

8 Une couronne de soleil dans l'océan Indien

SCIENCES FONDAMENTALES

- 12 **ACTUALITÉS** / Les ravines de Mars n'ont pas été formées par l'eau / Du métal liquide dans les circuits de demain / Les neutrinos font la course aux antineutrinos
- 36 Les centaures font planer leur menace sur la Terre
- 40 Trinh Xuan Thuan : « Le vide est la matrice de tout »
- 43 Livres

HISTOIRE

- 14 **ACTUALITÉS** / Les Andamanais, une origine très lointaine / La « Pompéi britannique » livre ses trésors / Une statuette féminine dans la grotte de Foissac
- 44 La part de Neandertal en nous
- 48 Le musée du Quai-Branly s'est ancré au bord de la Seine
- 50 Laurent Bruxelles, l'homme qui fait parler les grottes
- 52 Le tunnel vers l'inframonde du roi maya Pakal
- 53 Livres

NATURE

- 18 **ACTUALITÉS** Les éoliennes flottantes prennent le large / Du cuir à base de champignons / Pourquoi les tortues ont une carapace
- 54 Le tour de France de la faune sauvage
- 58 Énergies renouvelables : l'Allemagne fait la course en tête
- 60 Inquiétudes pour la corne d'abondance du Pacifique
- 61 Livres

SANTÉ

- 22 **ACTUALITÉS** / Les Amish sont protégés de l'asthme / Un antibiotique caché dans notre nez / Une oreille à croquer
- 62 Contre la sédentarité, tous debout !
- 66 Bonbons acidulés, à bannir de la récré
- 68 Ronald Melki : « Alzheimer : la piste infectieuse se précise »
- 70 Zika : la recherche progresse... le virus aussi
- 70 Livres
- 71 Citizen Sciences. Des prothèses en 3D pour tous les handicaps
- 73 Dossier spécial. Rentrée : une journée type pour rester en forme

HIGH-TECH

- 24 **ACTUALITÉS** / Des paraplégiques retrouvent une certaine liberté / Des abeilles sous surveillance informatique / Une salamandre mécanique et amphibie
- 80 Le jeu vidéo en immersion totale
- 84 La « blockchain », nouvelle donne des échanges sur Internet
- 87 Les voitures cumulent les failles informatiques
- 87 Livres

SCIENCE PRATIQUE

- 88 Un antiépileptique provoque-t-il des malformations du fœtus ?
- 89 Watson a-t-il diagnostiqué un cancer rare ?
- 90 Test : les minichaînes
- 94 L'observation du ciel de septembre
- 96 Rendez-vous
- 98 L'info en continu sur sciencesetavenir.fr



Les centaures font planer leur menace sur la Terre p. 36



Laurent Bruxelles, géomorphologue p. 50



Un tour de France de la faune sauvage p. 54

**Un
super Wifi
partout
chez moi**

**Nouvelle
Livebox
avec la Fibre,
100% Fibre**



**Vous rapprocher
de l'essentiel**

orange™

nouvellevivebox.orange.fr

Offre soumise à conditions valable en France métropolitaine, sous réserve d'éligibilité. Super Wifi : avec équipement compatible Wifi ac pour bénéficier d'un débit amélioré. Conditions et tarifs sur orange.fr. Crédit photo transat : Getty Images.



▲
« Les 50 dernières découvertes »
(Sciences et Avenir n° 834, août 2016)

Courriels à : redaction@sciencesetavenir.fr

Et les sciences appliquées ?

On observe que les sujets traités dans votre revue appartiennent majoritairement aux sciences de la vie, le reste du contenu ressortissant aux sciences de la matière inerte. Mais rien dans le domaine des sciences appliquées, à l'exception de quelques infos sur le high-tech grand public. Ce ne sont pourtant pas les thèmes scientifiques et

d'avenir qui manquent : résistance de matériaux, mécanique des fluides, thermodynamique, énergie, électronique, etc., ni les sujets d'articles qui manquent. *Sciences et Avenir* ressemble de plus en plus à un hebdo féminin : les régimes qui marchent, le bio, les produits solaires, les fruits et les légumes, etc. Sans parler des multiples articles portant sur la santé.

Bernard Lunot (courriel)

S. et A. : Les « actus » aussi bien que les « grands articles » du magazine sont organisés en sections que l'on retrouve à chaque numéro. Cela permet d'évoquer de façon équitable des domaines souvent négligés. C'est ainsi que sont traités les nouveaux matériaux (pérovskite, matériaux autoréparants...), l'aéronautique et les drones, l'automobile, la robotique, les nouvelles énergies et le stockage de l'énergie, etc. Tout n'est pas « grand public » même si, désormais, le grand public est bien mieux informé que jadis sur ces thématiques. Par ailleurs, avez-vous lu notre hors-série n° 182 « Science et guerre » qui fait la part belle aux nouvelles techniques ? Vous reprochez à *Sciences et Avenir* de ressembler à un magazine féminin : savez-vous que le numéro qui s'est le mieux vendu en 2015 est celui dont la couverture était consacrée au « jeûne » ? Ces sujets intéressent un grand nombre de nos lecteurs désorientés par tout ce qui s'écrit

sur la nutrition. Ils nous font confiance pour apporter des informations nullement perturbées par l'influence d'annonceurs qui conditionneraient ce qu'écrivent les rédacteurs. C'est pour cette raison qu'ils (elles) nous lisent aussi. Bien des publications ayant trait à ces domaines n'étant pas fiables. Pour ce qui est de la santé, tout sociologue vous dira que, quand vous dites sciences aujourd'hui, la très grande majorité des gens entendent (et font la corrélation) santé. C'est une de leurs préoccupations majeures.

Précision

Dans notre dossier sur les grandes découvertes de *S. et A.* n° 834, août 2016, nous avons évoqué la mise au point de la trachée artificielle à l'Institut Karolinska de Stockholm. Or cette technologie n'est pas encore aboutie, plusieurs patients étant décédés suite à cette greffe.

Une formidable diversité 12 fois par an, l'actualité des savoirs pour tous



N° 825
Trous noirs
Les clés de l'Univers



N° 828
Spécial vision



N° 829 Ondes gravitationnelles,
révolution dans
l'astronomie



N° 830 Vaincre le cancer.
Le guide des meilleurs
hôpitaux et cliniques



N° 831
Comment la vie est
apparue



N° 832
Manger bio



N° 833
Les plantes qui
soignent



N° 834
Les 50 dernières
découvertes

Bon de commande

Je commande les numéros ci-après au prix de : **7 €** par numéro payable par chèque à l'ordre de *Sciences et Avenir* (port compris pour la France). Bon de commande à retourner à :

Sciences et Avenir
41 bis, avenue Bosquet, 75007 Paris.

☐ N° 825 ☐ N° 828 ☐ N° 829 ☐ N° 830
☐ N° 831 ☐ N° 832 ☐ N° 833 ☐ N° 834

☐ Commandez une reliure
pour 12 numéros : **15 €**



Nom :

Adresse :

..... Ville :

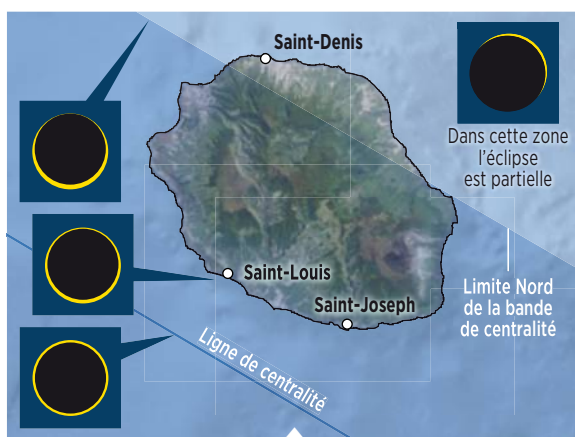
Code postal :

Une couronne de Soleil dans l'océan Indien

Le 1^{er} septembre, l'île de la Réunion sera le théâtre d'un phénomène astronomique rare et impressionnant : une éclipse annulaire de Soleil, la Lune n'occultant que 95 % du disque solaire.

PAR
Sylvie Rouat

C'EST LA DOUZIÈME DU SIÈCLE, la première dans cette région du monde qui n'avait pas connu tel événement depuis au moins 160 ans. Le 1^{er} septembre, l'ombre de la Lune commencera à obscurcir le Soleil dans le golfe de Guinée (Atlantique) et sera ensuite visible tour à tour depuis l'Afrique équatoriale, le canal du Mozambique, le sud des Comores et Mayotte, Madagascar, La Réunion, pour finalement tirer sa révérence au sud de l'océan Indien. Tous ceux qui se trouveront sur cette bande dite de centralité (voir la carte ci-contre), d'une largeur d'environ 100 kilomètres, pourront admirer — munis de lunettes de protection — un Soleil noir couronné d'un flamboyant anneau de lumière. Le spectacle entier durera 3 h 20. Tandis que la Lune occultera 95 % du disque solaire, l'ambiance se fera crépusculaire, le ciel sera de bronze, température et luminosité s'abaissant sensiblement. Ce sera aussi l'occasion d'admirer les « grains de



La bande de centralité, dans laquelle les Réunionnais pourront admirer un soleil occulté en grande partie par l'ombre de la Lune.

Bailey », un chapelet de perles brillantes créées par la photosphère (première couche de l'atmosphère solaire) perçant entre les montagnes et les vallées de la Lune.

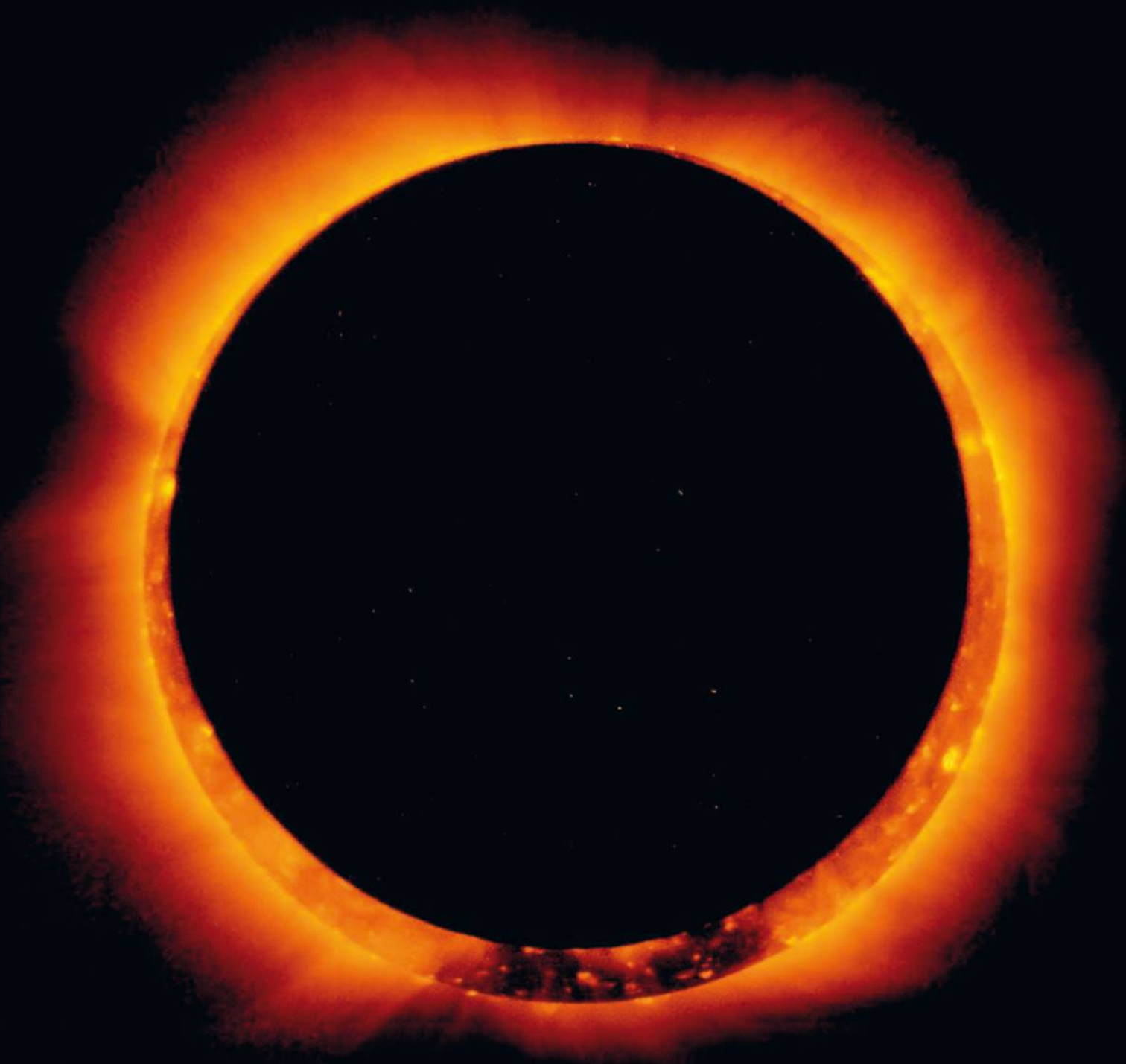
Une éclipse, c'est le rendez-vous parfaitement synchronisé entre la Terre, la Lune et le Soleil, qui se trouvent alors exactement alignés. Une telle rencontre céleste

dépend d'un grand nombre de facteurs et de fins ajustements astronomiques. Comme une toupie, la Terre tourne sur elle-même en quelque 24 heures autour d'un axe un peu incliné (environ 23°) et parcourt ainsi en 365,24 jours son chemin orbital autour du Soleil. La Lune, quant à elle, tourne sur elle-même et autour de la Terre en 27,3 jours. Tous les 29,5 jours, au moment de la nouvelle Lune, elle passe entre notre planète et le Soleil, situé à 150 millions de kilomètres de nous.

Quand la Terre, le Soleil et la Lune sont alignés...

Mais les trois astres ne sont pas forcément bien alignés à chaque fois. La Lune, en effet, tourne autour de la Terre selon une trajectoire légèrement inclinée de 5 degrés par rapport au plan orbital de la Terre. Donc, la plupart du temps, elle passe un peu en dessous ou au-dessus de la ligne des éclipses, le Soleil lui-même ne croisant la fameuse « ligne des nœuds » (celle qui autorise les

BETTY LAFFON



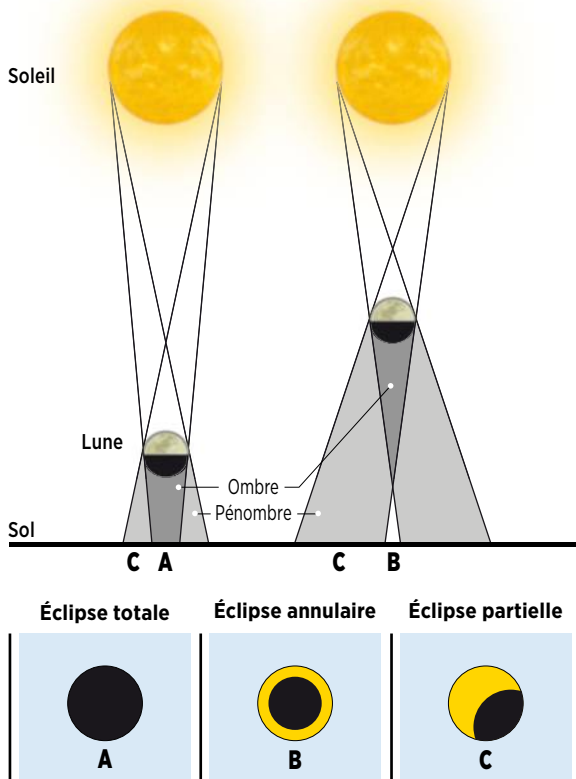
▲
Un soleil noir couronné d'un anneau incandescent, c'est la vision extraordinaire
offerte par une éclipse annulaire, comme ici dans le Pacifique, en 2009.

► éclipses) que deux fois par an... Lorsque enfin les trois astres sont alignés sur cette ligne, se produit ce phénomène rare et tant attendu de l'éclipse !

Tout est question de distance et de perspective

Pourtant, une éclipse n'est pas forcément totale, le disque apparent de la Lune ne couvrant pas forcément celui du Soleil dans son intégralité. Normal : installée sur une orbite elliptique, la Lune est distante de la Terre de 357 000 à 405 000 kilomètres. Tout est alors question de perspective : sachant que la Lune est 400 fois plus petite que le Soleil et qu'elle est aussi 400 fois plus proche de nous, leurs diamètres apparents sont presque égaux. Toutefois, selon l'éloignement de la Lune, son disque apparent couvre plus ou moins bien celui du Soleil, un peu comme lorsqu'on tend plus ou moins la main pour se protéger des rayons aveuglants de l'astre du jour. Et pour couronner le tout, notre propre planète décrit elle aussi une ellipse autour du Soleil, sa distance à son étoile pouvant varier de plus ou moins

Les trois types d'éclipses



Le 1^{er} septembre, la Terre sera trop éloignée de la Lune pour que son ombre occulte tout le Soleil : l'éclipse sera de type annulaire. En dehors de la bande de centralité, l'éclipse sera partielle.

5 millions de kilomètres ! Bref, autant de facteurs à intégrer à l'équation finale de l'éclipse, qui sera totale ou annulaire selon la distance des astres les uns par rapport aux autres.

Le 1^{er} septembre, la Lune sera trop éloignée de la Terre pour que son ombre couvre totalement le Soleil. Son diamètre apparent sera inférieur, rendant la partie externe de l'atmosphère solaire visible tandis que son cœur sera plongé dans l'ombre. Un scénario qui, dans un futur lointain, deviendra la règle. En effet — et n'en déplaise aux amateurs qui courent le monde pour les admirer —, les éclipses totales sont en voie de disparition ! « Déjà, nous comptons 4 éclipses totales pour 5 annulaires », précise Pascal Descamps, astronome à l'observatoire de Paris. En cause, l'éloignement progressif de la Lune au rythme actuel de 3,8 centimètres par an. Le phénomène des marées terrestres, qui déplace de grandes masses d'eau, exerce en effet une force gravitationnelle telle sur la Lune qu'il accélère son mouvement et l'entraîne loin de notre planète bleue, alors

CHIMIE

L'hélium révélé par une éclipse

Si le Soleil restait mal connu jusqu'au XIX^e siècle — certains scientifiques évoquant une boule solide, voire habitée, surmontée d'une atmosphère incandescente —, l'avènement de la spectroscopie a bouleversé ce que nous en savons. Et cette étude des rayonnements électromagnétiques émis, absorbés ou diffusés par la matière a transformé les astronomes en chimistes du ciel. Dès les années 1860, les Allemands Gustav Kirchhoff et Robert Bunsen avaient catalogué les spectres des différentes espèces chimiques en décomposant, à l'aide d'un prisme, la lumière visible émise ou absorbée par



Découvert à son tour en 1895, l'hélium terrestre se révèle dans le spectre de la lumière blanche sous forme d'une couleur jaune brillant semblable à celle observée dans le spectre solaire.

un objet. Quelques années plus tard, l'astronome français Jules Janssen décida d'appliquer cette méthode à l'astronomie lors de l'éclipse totale du 18 août 1868, pour laquelle il se déplaça en Inde. Ayant pointé son spectroscopie dans la chromosphère du Soleil, il détecta une raie inconnue sur Terre, signature de l'élément bientôt appelé hélium. Une

découverte que fait au même moment le Britannique Norman Lockyer ! Chacun envoya aussitôt un courrier à l'Académie des sciences française : les deux lettres arrivant le même jour, elles seront lues simultanément, et la découverte de l'hélium sera attribuée aux deux chercheurs. Un cas rarissime dans l'histoire des sciences !

qu'elle était distante d'à peine 22 500 kilomètres lors de sa formation, il y a 4,5 milliards d'années. « Avec une telle vitesse et en tenant compte des variations de l'excentricité de l'orbite terrestre, la disparition des éclipses totales se produira dans 1,21 milliard d'années. La distance entre les deux planètes sera alors de 402 346 kilomètres », calcule Pascal Descamps.

L'étude des éclipses a débuté en 763 avant J.-C.

Les marées ne sont pas seules en cause. L'échange d'énergie entre la Terre et son satellite entraîne également le ralentissement de la vitesse de rotation de notre planète. Ce phénomène a fait l'objet d'un véritable travail de bédiction de la part de Richard Stephenson et Leslie Morrison, deux astronomes britanniques qui ont entrepris, dans les années 1990, d'étudier *a posteriori* les observations d'éclipses de Lune et de Soleil depuis l'an 763 avant J.-C. jusqu'à nos jours. Soit plusieurs centaines de données qui ont permis de mesurer un ralentissement de la rotation terrestre de... 1,7 milliseconde par siècle, au lieu des 2 ms prévues par la théorie ! « Une sorte de rebond de la rotation, correspondant à une accélération de 0,3 ms, semble s'être produit à la fin des périodes glaciaires quand la fonte des glaces a joué un rôle sur la répartition des masses », explique Pascal Descamps. Une mesure importante pour prévoir les éclipses à venir et pour toutes les mesures astronomiques qui ont la Terre pour point de référence. Quels enseignements les éclipses apportent-elles aux chercheurs ?



N. LESTÉ-LASSERRE / OBSERVATOIRE DE PARIS

« Dans 1,2 milliard d'années, il n'y aura plus d'éclipses totales. Déjà, nous en comptons quatre pour cinq annulaires »

Pascal Descamps, astronome à l'observatoire de Paris

OBSERVATION

La Réunion aux premières loges

La Réunion se prépare avec enthousiasme à l'événement. La ligne de centralité passant à environ 15 kilomètres au sud-ouest de l'île, un anneau presque régulier sera visible de la pointe du Gouffre aux plages de Saint-Pierre. Une équipe de 12 astronomes de l'observatoire de Paris sera présente pour observer l'éclipse annulaire et sensibiliser le public, notamment au sein du « village éclipse » installé à l'étang du Gol, à 1000 mètres d'altitude, sur la commune de Saint-Louis. L'anneau solaire y sera bien marqué, la probabilité de beau temps étant à cette période de 90%. Des lunettes protectrices y seront disponibles, l'événement étant par ailleurs retransmis sur grand écran. Le moment précis du début du spectacle varie selon les lieux d'observation.



En 2009 déjà, les passionnés s'étaient rassemblés à La Réunion pour admirer une éclipse solaire.

- La Lune commence à couvrir le Soleil à 12 h 22 (Le Port) ; à 12 h 24 (Saint-Joseph)
- La Lune se trouve au centre du Soleil entre 14 h 09 et 14 h 11
- La Lune quitte le Soleil à 15 h 42



LE + NUMÉRIQUE
Retransmission en direct de l'éclipse sur sciaiv.fr/2b9jq2K

expérimentale a été effectuée lors de l'éclipse du 29 mai 1919 par Arthur Eddington sur l'île de Principe [dans le golfe de Guinée]. » Les étoiles étant visibles lors d'une phase de totalité, les chercheurs ont pu mesurer la très légère variation en position d'une étoile se trouvant très près du Soleil. « Observer une éclipse comme celle de La Réunion, c'est assister à un spectacle rare et impressionnant, et l'occasion de se souvenir qu'il s'agit d'un phénomène jouant encore un rôle considérable dans la progression du savoir », conclut Claude Catala, président de l'observatoire de Paris. ■

@Sylvie_Rouat



Les clichés de Mars montrent des reliefs similaires à ceux dus à l'eau sur Terre. Leur analyse par spectrométrie (à droite) a montré qu'il n'en était rien.

Les ravines de Mars n'ont pas été formées par l'eau

Ces structures sont dues à l'action de la glace carbonique, ont confirmé des chercheurs américains.

PLANÉTOLOGIE Les ravines martiennes ne résultent pas d'écoulements d'eau, conclut une étude publiée dans *Geophysical Research Letters* en juillet. Des scienti-

fiques américains ont examiné 100 photos de ravines prises par la sonde Mars Reconnaissance Orbiter. Les données du spectromètre de bord ont montré qu'elles sont

dues à l'action de la glace carbonique, du CO_2 à l'état solide, à la fin de l'hiver.

Deux chercheurs français, Cédric Pilorget, de l'Institut d'astrophysique spatiale, et François Forget, du Laboratoire de météorologie dynamique de l'université Pierre-et-Marie-Curie, à Paris, étaient déjà parvenus à la même conclusion à partir d'une simulation numérique. Cependant, les ravines ne doivent pas être confondues avec les stries sombres qui apparaissent de manière saisonnière et qui sont bien dues à des résurgences d'eau salée. **A. Kh.**

NASA/JPL - CALTECH/LIA/JHU/APL

À VOIR SUR LE NET

Le « suicide » d'une comète

ASTRONOMIE Cette comète, l'une des plus brillantes jamais observées, a été surprise par le satellite Soho alors qu'elle se jetait dans le Soleil entre le 2 et le 4 août, sa vitesse atteignant 600 km/s. Les scientifiques pensent qu'elle faisait partie du groupe de Kreutz, une famille cométaire dont le périhélie — le point de l'orbite le plus proche du Soleil — frôle presque notre étoile. **A. Kh. sciaiv.fr/835comete**



NASA

1,5 mètre

GÉOLOCALISATION C'est le réajustement que subira le 1^{er} janvier prochain le GPS australien afin de correspondre aux cartes et aux systèmes de navigation. Située sur une des plaques tectoniques les plus mouvantes, l'Australie se déplace en effet de 7 cm par an, ce qui nécessite un réalignement régulier des systèmes de navigation. **D. H.**

La fin du X

PHYSIQUE Pas de nouvelle particule découverte au LHC ! La Conférence internationale de physique des particules à Chicago (Icchep) annonce que l'anomalie à 750 GeV qui avait mis les chercheurs

en émoi (*lire S. et A. n° 833*) n'était qu'une fluctuation statistique. En attendant ce verdict, la particule fantôme non prévue par la théorie aura suscité 500 articles théoriques pour tenter de l'expliquer. **A. Kh.**

Du métal liquide pour les circuits de demain



CAROLCO/THE KOBAL COLLECTION

T-1000, l'androïde en métal liquide de *Terminator 2*, a-t-il inspiré les chercheurs australiens ?

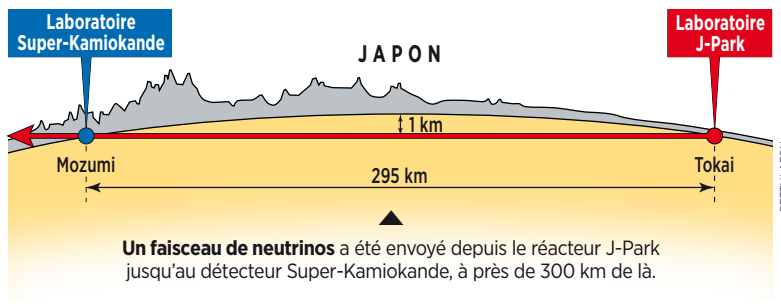
ÉLECTRONIQUE Dans le film *Terminator 2*, le grand méchant, le T-1000, était un androïde métamorphe en métal liquide. Une équipe de l'université de Melbourne (Australie) n'en est pas là, mais elle vient de présenter des circuits électroniques conçus à base de métal liquide (des alliages de gallium), totalement souples, pouvant adopter plusieurs configurations, et se rapprochant ainsi de la flexibilité des tissus vivants. **H. R.**

Les neutrinos font la course aux antineutrinos

Au Japon, une expérience démontre que matière et antimatière n'ont pas les mêmes comportements.

PHYSIQUE Les neutrinos ne se comporteraient pas de la même manière que les antineutrinos : c'est le résultat de la collaboration T2K, annoncé à la 27^e conférence Neutrino qui s'est tenue début janvier à Londres, et qui vient d'être publié. L'expérience T2K — Tokai to Kamiokande — au Japon a consisté à envoyer un faisceau de ces particules depuis le réacteur J-Park

de Tokai et à les analyser 300 km plus loin dans le détecteur Super-Kamiokande de Mozumi. Les chercheurs ont mis en évidence que le taux d'apparition d'un type d'antineutrino était plus faible que celui du neutrino associé. Ces résultats intéressent beaucoup les physiciens, à la recherche de toutes les dissymétries possibles entre matière et antimatière. **A. Kh.**



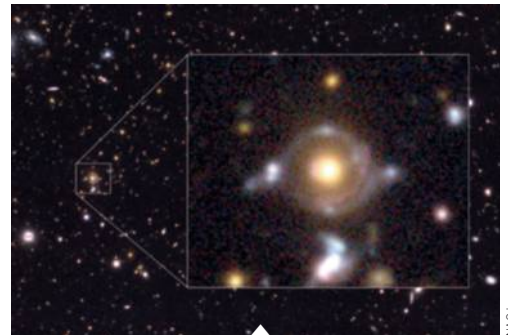
La neuvième planète influence les autres

MÉCANIQUE CÉLESTE Si la neuvième planète du système solaire n'a pas encore été observée, la présence de cette géante gazeuse à plus de 30 milliards de kilomètres du Soleil permettrait d'expliquer l'inclinaison des orbites des autres planètes par rapport au plan de l'équateur du Soleil. C'est la

conclusion à laquelle sont parvenues deux équipes scientifiques distinctes, américaine et européenne. Ayant introduit l'inconnue dans leurs modèles, elles ont mis en évidence l'action des perturbations gravitationnelles qu'elle exercerait sur les autres corps du système solaire. **S. R.**

Un trou noir de poche

ASTROPHYSIQUE Créé en laboratoire à partir d'une mélasse d'atomes ultrafroids — un condensat de Bose-Einstein —, un trou noir sonique valide une intuition du physicien britannique Stephen Hawking. Son concepteur, Jeff Steinhauer du Technion-Israel Institute of technology (Haïfa), décrit en effet dans *Nature Physics* l'existence d'un « rayonnement Hawking », soit des ondes sonores quantiques échappées du trou noir artificiel. **H. R.**



Cette figure céleste est en fait une lentille gravitationnelle forte due au décalage spectral de trois galaxies.

Un œil d'Horus dans le ciel !

ASTRONOMIE Si elle semble représenter un symbole égyptien, cette image prise avec le télescope japonais Subaru montre une lentille gravitationnelle forte. La structure résulte du décalage spectral de trois galaxies : celle au premier plan, à 6,8 milliards d'années-lumière de la Voie lactée, dévie les rayons lumineux de deux autres, plus lointaines, situées à 8,9 et 10,5 milliards d'années-lumière. **H. R.**

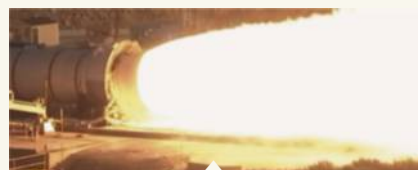
La grande tache rouge chauffe Jupiter

ASTROPHYSIQUE Observé depuis 350 ans, l'anticyclone géant qui forme la grande tache rouge de l'atmosphère jovienne expliquerait l'échauffement de cette dernière. C'est la conclusion, publiée dans la revue *Nature* du 27 juillet, de simulations numériques menées par

des chercheurs anglais et américains. Depuis plusieurs décennies, on se demandait comment l'atmosphère de Jupiter pouvait être aussi chaude que celle de la Terre alors que la planète se situe bien plus loin de l'astre solaire. On a enfin la réponse ! **A. Kh.**

Une caméra pour filmer un moteur de fusée

ESPACE La Nasa a mis au point un nouveau type de caméra capable de filmer les colonnes de flammes extrêmement brillantes d'un moteur de fusée. Baptisée High Dynamic Range Stereo X, elle a recours à des niveaux d'exposition différents selon les zones de l'image. Et elle capture des détails jusqu'alors inaccessibles sur l'écoulement des gaz de combustion. L'instrument a été testé sur le booster de la future fusée géante américaine SLS. **F. D.**



Le flux du moteur vu par une caméra classique...



... et par le nouvel instrument saisissant les détails.

Les Andamanais, une origine très lointaine

Ces populations qui peuplent des îles de l'océan Indien auraient quitté l'Afrique il y a plus de 300 000 ans.

PALÉOGÉNÉTIQUE Une étude génétique des habitants des îles Andaman, situées au large de la Birmanie mais appartenant à l'Inde, montre qu'ils pourraient descendre en partie des premiers humains à avoir quitté l'Afrique il y a plus de 300 000 ans. Le séquençage du génome de dix Andamanais confirme qu'ils ont une origine commune avec les populations sorties en une seule vague d'Afrique il y a environ 50 000 ans. Mais l'analyse de ces génomes publiée dans *Nature Genetics* révèle aussi un apport beaucoup



SALOME/SURVIVAL

Les traits africains des Andamanais sont une adaptation récente à la vie insulaire.

plus ancien, antérieur à celui des hommes de Néandertal et de Denisova. D'autres traces génétiques très anciennes d'homininés (la lignée d'hominidés à laquelle appartiennent le genre *Homo* et les espèces disparues comme les australopithèques) ont aussi été retrouvées chez les Indiens du Sud, les Papous et les Aborigènes australiens. La petite taille et les caractères africains des Andamanais sont en revanche des adaptations plus récentes à la vie insulaire de ces populations très anciennes et aujourd'hui menacées. **P. K.**

EN BREF

LÉGISLATION Le patrimoine archéologique français appartient désormais à 100 % à l'État (loi du 7 juillet 2016).

ANCIEN CANCER La plus ancienne trace d'un cancer remonte à près de 2 millions d'années et a été découverte en Australie sur un fossile d'australopithèque. **Océans** Il y a 27 millions d'années, les baleines percevaient déjà les ultrasons.

Un nouveau fossile d'hominidé à Atapuerca

PALÉOANTHROPOLOGIE Un fragment d'os pariétal d'hominidé datant d'il y a 400 000 ans, vient d'être mis au jour dans la Cueva del Fantasma, dans la Sierra d'Atapuerca, au nord de l'Espagne. Il s'agit du premier spécimen d'hominidé rencontré sur ce sixième site du complexe paléontologique espagnol. La « grotte du Fantôme » devrait livrer d'autres vestiges. Son potentiel est en effet énorme: 20 mètres d'épaisseur de sédiments! Elle pourrait ainsi receler des fossiles remontant à -1,5 million d'années. **B. A.**

MARIA MODESTO MATA/EA

► Cet os pariétal d'hominidé est daté de -400 000 ans.



70 millions d'années

C'est l'âge de l'empreinte d'un dinosaure géant

PALÉONTOLOGIE Sebastian Apesteguía, guide touristique bolivien, a découvert l'une des plus grandes empreintes de dinosaures connues. Longue de 1,20 m, elle appartenait à *Abelisaurus*, un théropode vivant voilà 70 millions d'années et qui devait mesurer au moins douze mètres



DAVID MERCADO/REUTERS

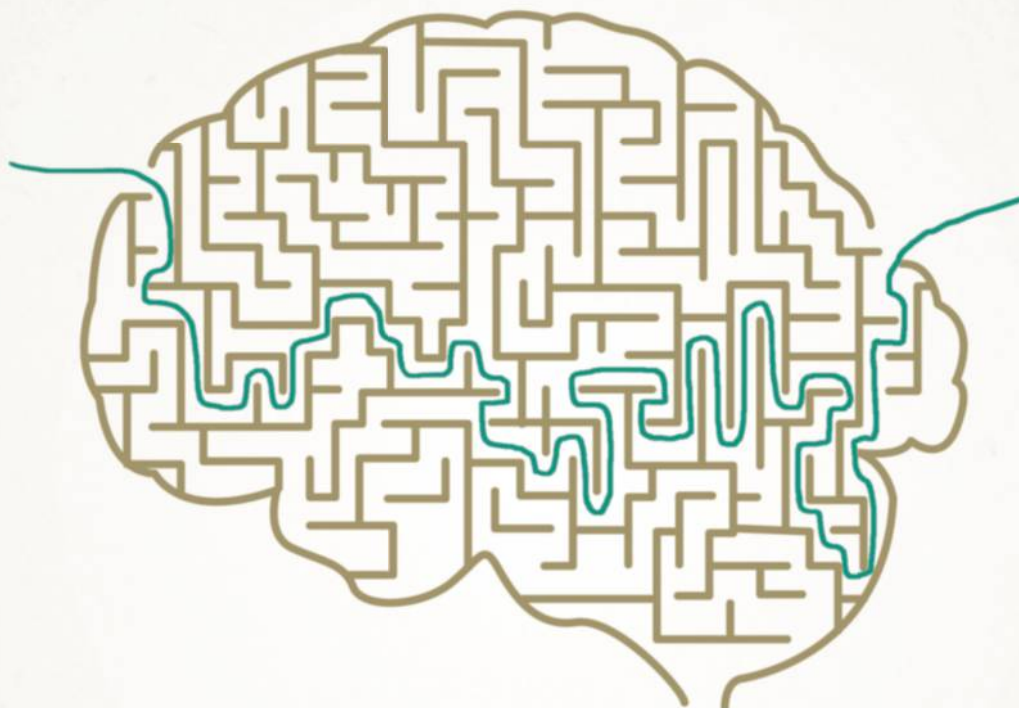
La trace atteint 1,20 mètre.

de haut. On sait peu de chose sur ce spécimen. Tout juste estime-t-on qu'il devait posséder l'allure générale du célèbre *Tyrannosaurus rex*. **H. R.**

La culture du riz, encore plus ancienne

PALÉOBOTANIQUE Le riz est sans doute la céréale la plus consommée au monde. Mais où est-il apparu et quand? Selon Gary Crawford, de l'université de Toronto au Canada, les plus vieux fragments de riz domestiqué viennent d'être recueillis en Chine, dans la basse vallée du Yangzi. Datés de -9000 ans, ces vestiges auraient les caractéristiques d'*Oryza sativa japonica*, le riz à grain court cultivé au Japon et en Corée. **B. A.**

AIDEZ LES CHERCHEURS À TROUVER L'ISSUE !

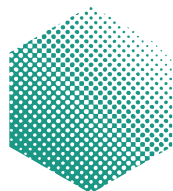


© Graphic Disaster - Fast Mood

Chaque année France Alzheimer et maladies apparentées investit plus d'**1 million d'euros** dans la recherche scientifique (sciences médicales, sciences humaines et sociales et nouvelles technologies).

Grâce à la générosité de ses donateurs et partenaires, l'Association a déjà soutenu **plus de 350 programmes de recherche** sélectionnés par ses deux conseils scientifiques. Aucun traitement ne permet aujourd'hui de lutter efficacement contre la maladie d'Alzheimer et les maladies apparentées. C'est pourquoi les travaux soutenus doivent explorer **des pistes toujours plus audacieuses**. C'est de ces pistes innovantes que viendront **les solutions thérapeutiques de demain**. Les chercheurs ont besoin de votre soutien pour progresser au plus vite.

Contre la maladie d'Alzheimer, la seule solution c'est votre don.



**FRANCE
ALZHEIMER**
& MALADIES APPARENTÉES

Si vous êtes vous-même concerné par la maladie d'Alzheimer, notre association peut également vous aider. Contactez-nous au **01 42 97 52 41** ou par email à **contact@francealzheimer.org**

France Alzheimer et maladies apparentées – 21 bd Montmartre – 75002 Paris
Reconnue d'utilité publique - www.francealzheimer.org
UN MALADE, C'EST TOUTE UNE FAMILLE QUI A BESOIN D'AIDE



La route de la Soie... et des parasites

PARASITOLOGIE Les latrines d'une auberge chinoise du Gansu, située sur la route de la Soie il y a 2200 ans, ont livré des restes d'excréments humains constellés de parasites intestinaux rapportés de régions éloignées. Parmi eux, le ténia asiatique, l'*Ascaris lumbricoides*, ou le *Trichuris trichiura*, ainsi que la douve de Chine. Leurs œufs ont été découverts sur d'antiques « bâtons d'hygiène ». De petites baguettes entourées de tissu utilisées pour s'essuyer. **B. A.**



HUI-YUAN YEH

« Bâtons d'hygiène » utilisés il y a 2000 ans.

La cuisine gauloise avait du chien

ARCHÉOLOGIE À l'époque gauloise, il y a 2000 ans, le meilleur ami de l'homme a parfois fini dans l'assiette de son maître. Des restes de chien ont ainsi été découverts parmi une vaste quantité d'ossements animaux sur le plateau des Châtelliers, près d'Amboise. « Cette consommation, déjà attestée sur d'autres sites en Gaule, était marginale comparée à la viande de bœuf, de chèvre et de porc », précisent les archéologues. **B. A.**



DAVE WEBB/CAU



▲ De nombreux objets de l'âge du bronze ont été livrés par le site comme ce bol, cette pointe de lance, ou cette pelote de fil.

La « Pompéi britannique » livre ses trésors

Les archéologues multiplient les découvertes sur le site lacustre de Must Farm.

ARCHÉOLOGIE Dans la périphérie de Peterborough, au nord-ouest de Cambridge, en Angleterre, Must Farm, la « Pompéi britannique », n'en finit pas de livrer ses trésors de l'âge du bronze (2000-800 avant J.-C.). Après des

restes de maisons sur pilotis, des armes, des outils agricoles, de nombreux fragments textiles — dont de fins tissus en lin — ou encore des perles et des pirogues, des haches et des pelotes de fil viennent d'être mis au jour, étonnamment

bien conservés dans le limon. Site lacustre abandonné dans l'urgence il y a 3000 ans, Must Farm est l'un des plus importants gisements archéologiques de cette période en Europe. Son étude devrait prendre des années. **B. A.**

Une statuette féminine dans la grotte de Foissac



JEAN-FRANÇOIS FABIOL

▲ Cette figurine a été taillée dans un os de grand bovin.

PRÉHISTOIRE Haute d'une dizaine de centimètres, représentant peut-être un personnage féminin portant dans ses bras un enfant ou un animal, une exceptionnelle pièce d'art mobilier, datant du paléolithique supérieur, a récemment été découverte dans la grotte ornée de Foissac, dans la vallée du Lot (Aveyron). Selon Sébastien du Fayet de la Tour, son inventeur, la figurine préhistorique aurait été taillée dans une phalange de bison ou d'auroch. **B. A.**

Le plus vieil « instrument à corde »

PALÉOLITHIQUE Un outil préhistorique (photo ci-dessous) inédit destiné à fabriquer des cordages a été mis au jour, en Allemagne, dans des niveaux datés de -40 000 ans, époque où les hommes modernes, *Homo sapiens*, arrivaient en Europe. Conçu pour tresser des fibres végétales, cet outil façonné dans de l'ivoire de mammouth a été découvert dans la grotte de Hohle Fels, célèbre pour ses précédentes trouvailles de vénus et de flûtes paléolithiques. **B. A.**



UNIVERSITÄT TUBINGEN

Un cimetière mérovingien

ARCHÉOLOGIE Une impressionnante nécropole mérovingienne (V^e-VIII^e siècle) contenant au moins 600 squelettes a été mise au jour cet été à Monchy-Lagache, dans la Somme. Selon les responsables de l'Institut national de recherche préventive (Inrap), « vu le nombre de squelettes et la présence de tombes d'enfants, il pourrait s'agir de la population entière d'un village ». Les recherches continuent. **B. A.**



UNE CONFÉRENCE CITOYENNE

organisée par l'Inserm et Universcience

Un duplex entre l'auditorium de la Cité des Sciences
et de l'industrie à Paris et le Musée des Confluences de Lyon

Jeudi 22 septembre de 19h à 20h30

- **Adrien Duvillard**,
skieur alpin, champion du
monde de descente en 1993
- **Alessandro Farne**,
directeur de recherche Inserm
au Centre de recherche en
neurosciences de Lyon
- **Agnès Roby-Brami**,
directrice de recherche Inserm
à l'Institut des systèmes intelli-
gents et de robotique, Paris
- **Jean-François Toussaint**,
directeur de l'Institut de
recherche biomédicale et
d'épidémiologie du sport
(IRMES), Paris

Sport : quelles limites pour le corps ?

Le sport, c'est bon pour la santé. Mais les sportifs de haut-niveau jouent souvent avec les limites de leur corps. Comment la recherche peut les aider ? Définition des règles de progression, études de la motricité et de l'équilibre, compréhension des processus cérébraux de la performance sportive, rien n'est négligé, pour eux et pour nous tous.

Débat animé par un journaliste de **La Recherche**.
Entrée gratuite

Pour en savoir plus : www.inserm.fr
www.cite-sciences.fr/citedelasante

Les éoliennes flottantes prennent le large

Sur la façade atlantique et en Méditerranée, deux parcs éoliens vont être installés à 15 km des côtes.

Le potentiel en France de cette nouvelle source d'énergie est estimé à 6 gigawatts.

N. MAETERLINCK/BELGA/AFP

ÉNERGIE Faire flotter des éoliennes en mer, ce n'est plus du rêve, c'est une réalité. Le gouvernement vient de décider de subventionner deux projets de parcs éoliens situés à 15 km des côtes, là où la profondeur

interdit de fixer les machines au sol. En Bretagne, entre Groix et Belle-Île, et au large de Gruissan (Aude), deux parcs comportant 4 machines de 6 mégawatts de puissance chacune vont être installés. Le projet breton parie

sur un tripode d'acier conçu par le groupe DCNS. C'est le béton qui a été choisi en Méditerranée, où la technologie emprunte à l'off-shore pétrolier. Les deux parcs devraient commencer à produire en

2019. D'autres technologies devraient être testées, dont une éolienne à axe vertical. Le potentiel de l'éolien flottant en France est estimé à 6 gigawatts, soit l'équivalent de 4 réacteurs nucléaires EPR. **L. C.**



MYCOWORKS

Du cuir... à base de champignons !

MATÉRIAUX Le champignon, un matériau d'avenir ? Mycoworks y croit dur comme fer ! Après avoir réalisé des œuvres d'art, des meubles ou des briques à base de mycélium, la start-up américaine utilise la partie végétative des champignons pour fabriquer une « peau » ressemblant à s'y méprendre à du cuir. Cultivés sur des déchets agricoles, les filaments de mycélium sont séchés, cuits, fortement compactés puis façonnés en divers objets tels que des chaussures ou des sacs à main. Les premiers produits sont prévus en 2017. **F. D.**

Le papillon fait la feuille

ÉVOLUTION La diversité des formes de feuilles chez les passiflores étonne depuis longtemps les botanistes. C'est la faute aux papillons, annonce une équipe de l'université de Cambridge (Royaume-Uni). Les lépidoptères *Heliconius* ont tendance à choisir une certaine forme pour y pondre, qui attire ensuite des chenilles. Cette pression poussera alors les passiflores à « inventer » d'autres formes. **H. R.**

▲ Les passiflores « inventent » de nouvelles formes de feuilles.

Le tournesol ne tourne pas n'importe comment

BOTANIQUE Le tournesol possède deux mécanismes de croissance connectés à une horloge circadienne : tel est le résultat d'une étude menée à l'université de Californie à Davis (États-Unis). Les chercheurs ont démontré qu'en suivant le soleil,

le côté est de la plante (à l'ombre) pousse plus vite que le côté ouest (au soleil). La nuit, c'est l'inverse : c'est le côté ouest qui rattrape son retard de croissance. Mais une fois la croissance achevée, le tournesol reste tourné vers l'est. Pourquoi ? Parce qu'ainsi la fleur se réchauffe plus vite le matin. Et les pollinisateurs préfèrent butiner un pollen chaud. **L. C.**

La ► plante est dotée d'une horloge biologique interne.



PAROLES

« Il devrait y avoir 2 millions d'îles de plus de 1000 m² dans le monde »

Christian Depraetere, chargé de recherche à l'IRD, à propos des territoires qui restent à découvrir. Seulement 460 000 îles sont recensées aujourd'hui.

A woman with dark hair is smiling and looking upwards while standing under a showerhead. Water is spraying from the showerhead, creating a misty effect around her. She has her hands raised, and water droplets are visible on her skin.

Kinedo
FRANCE

Le plaisir de l'eau

FABRICATION FRANÇAISE

Douches • Balnéo • SPA

Kinedo.com



L'étude d'un fossile montre que l'activité fouisseuse de la tortue est antérieure à l'apparition de la carapace.

Pourquoi les tortues ont une carapace

La fonction première n'est pas la protection mais la capacité à s'enfouir rapidement.

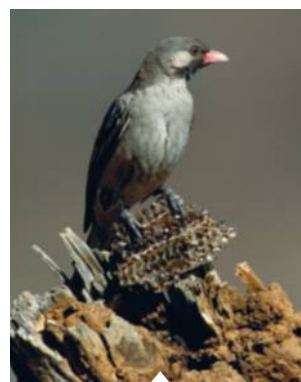
HERPÉTOLOGIE La carapace des tortues est apparue pour aider l'animal à s'enfouir rapidement plutôt que pour le protéger, révèlent des chercheurs américains dans la revue *Current Biology*. L'étude

d'un fossile du plus ancien ancêtre connu des tortues, remontant à -260 millions d'années, montre en effet que la tête et les membres antérieurs étaient adaptés à l'activité fouisseuse avant que la

fusion des vertèbres costales n'entraîne l'apparition de la carapace. L'enfouissement a pu être un moyen de survie au cours des périodes arides qui ont marqué cette époque à la fin du permien. **P. K.**

Pour le miel, suivez le guide ailé

COMMENSALITÉ En Afrique de l'Est, un oiseau indique aux amateurs de miel où se trouvent les nids d'abeilles car il se nourrit après la récolte de leur cire. Appelé grand indicateur, l'oiseau avertit par un sifflement qu'il est prêt à servir de guide, mais l'homme doit, pour l'encourager, lui répondre par un signal sonore variant suivant les régions, révèle une étude de l'université de Cambridge (Royaume-Uni). Un exemple rarissime de dialogue appris entre l'homme et un animal sauvage pour coopérer. **P. K.**



Le grand indicateur dialogue avec les chasseurs de miel.

Nous avons infesté les singes verts

BACTÉRIOLOGIE Chacun son tour... Si nous avons attrapé beaucoup de maladies et de pathogènes venant de nos cousins simiesques (le sida par exemple), nous leur rendons parfois la pareille. Ainsi, une étude menée en Gambie a conduit à la découverte de souches de staphylocoque doré chez des singes verts. L'héritage d'un voisinage avec l'être humain, les souches bactériennes étant issues en droite ligne de notre espèce, certaines il y a moins de trois décennies. **H. R.**

L'homme a transmis le staphylocoque doré à ces primates.



5 jours de plus à vivre à crédit

ÉCOLOGIE Le 8 août, l'humanité avait consommé toutes ses ressources annuelles. Selon ce calcul de l'ONG Global Footprint Network, c'est 5 jours plus tôt qu'en 2015. Pour faire ses comptes, l'ONG prend en considération l'empreinte carbone, la pêche, l'élevage, les cultures, l'utilisation d'eau. Chaque année, la dette s'accroît un peu plus. GFN considère qu'en 2030, l'humanité aura utilisé son budget écologique annuel en six mois, dès le 28 juin. **H. R.**

Le déclin ancien des saumons en Europe

ÉCOSYSTÈMES Les saumons autrefois très abondants dans les cours d'eau du nord de l'Europe ont commencé à y décliner dès la fin du Moyen Âge, au moment et dans les régions où de nombreux moulins à eau ont été construits, indique

une étude néerlandaise dans la revue *Scientific Reports*. Les retenues aménagées pour créer des chutes d'eau entraînant les roues à aubes ont produit des dépôts sableux, supprimant les fonds de gravier où fraient normalement les saumons. **P. K.**

Le hors-série
pour toutes les occasions !

6,90 €
seulement



Dès le 2 septembre chez votre marchand de journaux

Les Amish sont protégés de l'asthme

La proximité des animaux de la ferme renforce efficacement le système immunitaire des membres de cette communauté vivant aux États-Unis.

IMMUNOLOGIE Comparée à la communauté huttérite du Dakota du Sud, celle des Amish vivant dans l'Indiana souffre beaucoup moins d'asthme. Pourtant ces deux communautés anabaptistes (courant du protestantisme) demeurant aux États-Unis partagent une origine allemande. Pour résoudre cette apparente incohérence, des chercheurs de l'université de Chicago (États-Unis) ont suivi deux groupes d'une trentaine d'enfants issus des deux communautés. Résultat : 5 % des Amish souffraient d'asthme



S. R. GALVIN/AP/SIPA

Le contact avec les bactéries animales préserve les Amish des allergies.

contre 21 % des Huttérites. En quête d'explication, les scientifiques se sont penchés sur leurs modes de vie respectifs. Tandis que les premiers résident sur des exploitations laitières et ont recours à des chevaux comme force de traction, les seconds utilisent des outils agricoles modernes et sont donc moins en contact avec les animaux. Or, il semble bien que ce sont les poussières riches en bactéries venant des animaux de ferme qui renforcent le système immunitaire des Amish. **H. R.**

EN BREF

UN CERVEAU VIRTUEL pour mieux comprendre l'épilepsie a été mis au point par des chercheurs du CNRS, de l'Inserm, de l'université Aix-Marseille et de l'AP-HM. **UNE ÉPIDÉMIE DE MALADIE DU CHARBON** (*anthrax*, en anglais) s'est produite durant l'été en Sibérie à la suite d'une vague de chaleur. **L'ANCÊTRE DU VIH** — le virus du sida — aurait émergé voilà 60 millions d'années.

Du destin des cellules de l'embryon

EMBRYOLOGIE Pour prévoir si une cellule ira constituer l'embryon ou son placenta, il faut s'intéresser à sa vitesse de contraction. C'est ce qu'a conclu une équipe internationale

dans une étude publiée dans la revue *Nature*. Les cellules qui se contractent le plus migreront en effet au sein de la structure cellulaire en pleine croissance et appelée à devenir l'embryon. Les autres demeureront en surface pour constituer l'enveloppe protectrice du futur embryon, le placenta. **H. R.**

◀ Les cellules qui se contractent le plus (en rose) formeront l'embryon.

Des bébés surprises après échec de FIV

REPRODUCTION Six ans après avoir tenté une FIV, 29 % des femmes avaient donné naissance à un enfant naturellement, révèle une enquête menée auprès de 403 femmes et publiée dans la revue *Human Fertility*. La plupart de ces conceptions sont survenues dans les deux ans, le plus souvent chez des femmes dont l'infertilité était inexpliquée ou liée à un problème d'ovulation. 22 % des couples dont la FIV avait réussi ont aussi connu une conception spontanée par la suite. **P. K.**

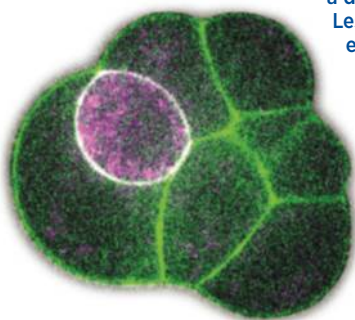


JF CREATIVE-APP

Un antibiotique caché dans notre nez

INFECTIOLOGIE Pour combattre le redoutable staphylocoque doré, terreur des hôpitaux, peut-être ne fallait-il pas aller chercher plus loin que le bout de notre nez. Car notre appendice nasal pourrait recéler une

bactérie *Staphylococcus lugdunensis* capable de produire des enzymes antibiotiques efficaces contre le staphylocoque doré, annoncent des chercheurs de l'université de Tübingen (Allemagne) dans la revue *Nature*. **H. J.**



J. L. MAITRE/EMBL

La cocaïne laisse des traces

ADDICTOLOGIE Durant cinq jours, des rats reçoivent de la cocaïne à volonté, prenant des doses croissantes pour maintenir l'effet. Puis la drogue est retirée pendant 60 jours et leur comportement redevient normal. Mais, par la suite, une simple dose de cocaïne suffit pour qu'ils replongent ! « La cocaïne laisse une empreinte durable sur le système dopaminergique qui est activé par une nouvelle exposition », concluent les auteurs de cette étude menée à l'école de médecine de Wake Forest (États-Unis). 60 jours d'abstinence équivalent à 4 ans chez l'humain... E. S.



La variante d'un gène responsable des cheveux roux accroît les risques de cancer.

Des roux plus exposés au mélanome

DERMATOLOGIE La plus grande prédisposition des roux au cancer de la peau le plus dangereux, le mélanome, est souvent due à des mutations dans le gène du récepteur 1 de la mélanocortine, selon une étude britannique. Ce récepteur intervient dans la coloration foncée de la peau par les mélanocytes, mais aussi pour signaler la réparation de l'ADN lésé par le rayonnement solaire. Son inactivation entraîne donc un taux de mutations bien plus élevé de l'ADN après exposition aux UVB, ce qui favorise l'évolution des mélanocytes vers une forme cancéreuse. P. K.

Une oreille à croquer

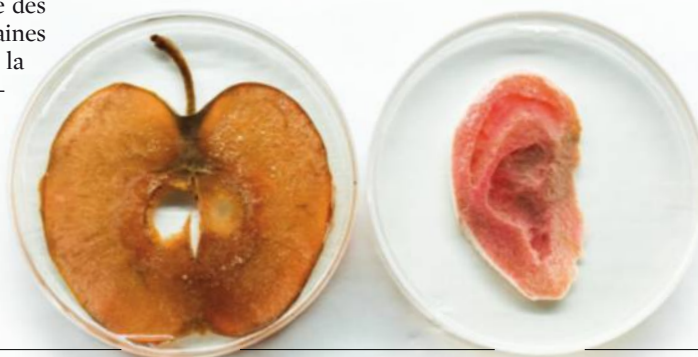
Des biologistes canadiens sont parvenus à faire pousser une oreille sur un morceau de pomme.

HISTOLOGIE Étonnante expérience réalisée par des biologistes canadiens avec une pomme ! Dans un premier temps, toutes les cellules contenant l'ADN du fruit ont été retirées, ne laissant que l'architecture de cellulose. À la place, les chercheurs ont cultivé des cellules cancéreuses humaines de la souche HeLa, dont la particularité est de se diviser à l'infini et donc d'être immortelles. Les nouvelles cellules ont permis

la formation d'un organe qui a pris la forme et la couleur d'une véritable oreille. Transplantée sur des souris, elle n'a montré aucun signe de rejet au bout de deux mois d'expérimentation.

Cette technique, beaucoup moins onéreuse que les greffes

animales ou les matériaux synthétiques, pourrait à terme être testée chez l'être humain. Les chercheurs canadiens estiment en outre que la forme des pétales de roses conviendrait parfaitement à une greffe de peau. F. G.



Des cellules humaines ► ont été cultivées dans la cellulose du fruit.

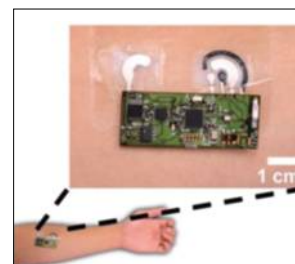


DELOSSY/CULTURA/AFP

Une autre source d'énergie pour les muscles

MÉTABOLISME Lors d'un effort prolongé ou d'une famine, le foie libère dans le sang un nouveau carburant pour les cellules de l'organisme, les corps cétoniques, fabriqués à partir des graisses. Des chercheurs britanniques financés par l'armée américaine ont mis au point une cétone buvable capable de gagner directement les cellules du corps par le sang. Cette nouvelle source d'énergie a évité l'accumulation nocive d'acide lactique due à l'utilisation de glucose au cours d'un exercice d'endurance réalisé par des athlètes et légèrement amélioré leurs performances. Bientôt dans la pharmacie des dopés ? P. K.

L'alcool-patch



CALIFORNIA/UNI

Le patch envoie les informations à un objet connecté.

ADDICTOLOGIE Un patch qui mesure l'alcoolémie en temps réel ? L'université de Californie à San Diego (États-Unis) l'a fait. Sur une bande de polymère souple, deux électrodes font passer un faible courant à travers la peau, provoquant la sudation. Une autre électrode recouverte d'une enzyme, l'alcool oxydase, réagit alors avec l'alcool éthylique contenu dans la sueur, produisant du peroxyde d'hydrogène, détectable. L'information est envoyée à un objet connecté, sans fil. E. S.



Sept des huit patients ayant suivi le programme ont vu leur handicap requalifié de total en partiel (ici, exercices pratiqués avec un exosquelette).

Des paraplégiques recouvrent une certaine liberté

Un ambitieux programme de rééducation donne des résultats encourageants.

RÉALITÉ VIRTUELLE Paralysés depuis parfois plus d'une décennie, des paraplégiques ont retrouvé des sensations, le contrôle partiel de leurs jambes, une maîtrise de leur vessie et de leurs intestins, et même pour certains une vie sexuelle, après deux années d'une rééducation cérébrale et physique dirigée par Miguel Nicolelis, de l'université Duke (Caroline du Nord, États-Unis). Huit patients ont suivi un programme d'immersion inten-

sive dans la réalité virtuelle renforcée par des exercices physiques au moyen d'un exosquelette et des stimulations visuelles et tactiles. Le résultat est très encourageant. La rééducation a probablement aidé à la réactivation et à la repousse de nerfs de la moelle épinière. Au bout de vingt mois, sept des huit patients ont vu leur handicap requalifié, passant de paraplégie totale à partielle. Une des patientes peut même désormais s'asseoir et conduire. **H. R.**

À VOIR SUR LE NET



CSIRO/REX/SPICA

Des abeilles sous surveillance informatique

LOCALISATION Pour connaître les causes du déclin des abeilles en Tasmanie, des chercheurs australiens de la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization ont eu l'idée de poser sur le dos des insectes des capteurs alimentés par l'énergie dégagée par le battement des ailes. En parallèle, les ruches ont été équipées de mini-ordinateurs Intel Edison afin d'enregistrer les allées et venues des insectes ainsi que de nombreux autres paramètres. **A. D.** sciav.fr/835abeilles

Un turbo titanesque !

MÉCANIQUE Ce n'est encore qu'un concept, mais la BMW Titan, une moto imaginée par le styliste turc Mehmet Doruk Erdem, serait capable d'atteindre 605 km/h ! Et ce, grâce à un bras oscillant fermé qui relie la roue arrière au turbo du moteur. Ainsi qu'à une ligne aérodynamique fondée sur un museau profilé à l'avant, qui réduit la résistance et permet de canaliser les flux vers les entrées d'air réparties sur les flancs. **H. R.**

Un ballon connecté

QUOI. Un ballon de football américain qui enregistre et transmet aux smartphones, par connexion Bluetooth, des données sur la distance et la vitesse des lancers, mais aussi l'angle et la vitesse de rotation de la balle.

COMMENT. Grâce à de minuscules accéléromètres nichés à l'intérieur. Afin d'économiser l'énergie de la batterie, les capteurs ne s'activent que lorsque le ballon est renversé d'une pointe

à l'autre puis reste en position verticale 2 secondes durant.

QUAND. Fabriqué par l'équipementier américain Wilson, il sera en vente à partir du 8 septembre, en tailles senior et junior.

COMBIEN. 200 dollars, soit deux fois plus qu'un ballon ordinaire. La durée de vie de la batterie est estimée à deux ans. **F. D.**

◀ **Des capteurs** enregistrent la distance et la vitesse des lancers.



WILSON

L'œil de Lascar



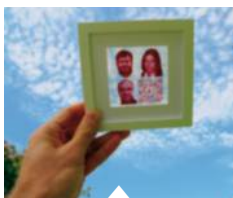
L'APPLICATION pour smartphone Pokémon Go est un jeu en réalité augmentée consistant à attraper les petits monstres de Nintendo. Il a battu le record de l'appli la plus téléchargée dans sa première semaine de disponibilité selon Apple. **O. L.**

Degas et la belle
inconnue

Le visage (à gauche)
sous le tableau (à droite).

RADIOLOGIE Grâce à des techniques poussées d'imagerie, des chercheurs australiens ont découvert qui se cachait sous le tableau d'Edgard Degas « Portrait de femme » (1876-1880). À cause du vieillissement de la toile, on savait déjà que l'œuvre en recouvrait une autre. Mais il a fallu la puissance des rayons X du synchrotron de Clayton pour faire apparaître le visage d'une jeune femme brune à la peau claire. **H. R.**

NATIONAL GALLERY/VECTRIA AFP

Ces photos
produisent de
l'énergie solaire

AALTO UN

L'image contient une
encre photovoltaïque.

MATÉRIAUX Des chercheurs de l'université Aalto (Helsinki, Finlande) ont transformé une image et un texte en cellules photovoltaïques au moyen d'une simple imprimante. L'encre contient un colorant qui absorbe la lumière et produit de la chaleur convertie en électricité. La photo est imprimée sur un film en dioxyde de titane qui sert de conducteur. Le procédé pourrait servir à alimenter des petits objets électroniques. **F. G.**

Une salamandre
mécanique et
amphibie

Les chercheurs ont décomposé très précisément
les différents modes de locomotion de l'animal.

CINÉRADIOGRAPHIE Pour comprendre l'évolution de la locomotion chez les vertébrés, des chercheurs de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) ont conçu un robot salamandre. Grâce au procédé de la cinéradiographie, en se basant sur des mouvements 3D du squelette de l'animal explorés à l'aide de vidéos aux rayons X et notamment ceux de sa moelle épinière, les chercheurs ont

décomposé au plus près ses modes de locomotion.

Baptisé Pleurobot parce qu'inspiré de l'espèce *Pleurodeles waltl* qui vit dans la péninsule Ibérique et au Maroc, ce robot comprend 27 moteurs et 11 segments de colonne vertébrale. Selon les stimulations électriques, il est capable de ramper, marcher et même de nager sous l'eau. L'équipe réfléchit à d'autres types de biorobots. **H. R.**



BIOBO/EPFL

Ce robot équipé de 27 moteurs peut
marcher, ramper et nager.

Un œil artificiel prometteur

BIONIQUE L'américain Second Sight, pionnier de l'œil bionique, a dévoilé les résultats d'une étude clinique du système Argus II. Au bout de cinq ans, 24 des 30 patients portent toujours l'implant. Ils réussissent à localiser la poignée d'une porte ou à suivre une ligne blanche au sol. **F. G.**

Des ballerines par
impression 3D

INDUSTRIE Rothy's, nouvelle marque de chaussures basée à San Francisco (États-Unis) commercialise des ballerines confectionnées en 6 minutes seulement par impression 3D. La matière première ? Un filament de plastique... issu de bouteilles d'eau recyclées ! Il en coûtera 125 \$ (112 €) aux *fashionistas* qui souhaitent chausser ces ballerines fabriquées d'un seul tenant, sans coutures ni rivets. **F. D.**



ROTHY'S

◀ Cette chaussure
est fabriquée en
6 minutes.

EN VENTE EN KIOSQUE

DIPLOMATIE

LES GRANDS DOSSIERS N° 34

GÉOPOLITIQUE de l'espace

Conquête et industrie spatiales
Nouveaux acteurs et enjeux stratégiques
États-Unis, Europe, Russie, Chine, Japon, Corée, Inde, Iran

Retrouvez les publications Areion en kiosque, librairie
et sur Internet www.GEOSTRATEGIQUE.COM

Le microbiote allié de notre cerveau

Avec ses milliards de bactéries et son système nerveux sophistiqué, l'intestin est un auxiliaire précieux du cerveau. Si bien que l'idée de mettre au point des « psychobiotiques » pour atténuer le stress ou la dépression fait son chemin. Avec l'espoir de traiter aussi un jour de nombreuses autres pathologies, comme le diabète ou Parkinson.

DOSSIER RÉALISÉ PAR
Elena Sender et Marc Gozlan

RIEN DE PLUS SIMPLE qu'un système digestif. Du moins en apparence. La part de pizza que nous venons d'avalier est broyée dans la bouche, dégradée dans l'estomac, puis glisse dans l'intestin grêle qui absorbe les nutriments nécessaires. Le côlon en extrait l'eau, digère certaines fibres puis élimine le reste par l'anus sous forme de matière fécale. Trivial ! « Mais cette vision simpliste qui a influencé des générations de médecins et de chirurgiens est dépassée : l'intestin est bien plus délicat et puissant. C'est un petit cerveau », martèle Emeran Mayer, gastro-entérologue, directeur exécutif du Center for Neurobiology of Stress de l'université de Californie à Los Angeles (États-Unis) et auteur de *The Mind-Gut Connection* (lire p. 34). De fait, il possède un sys-

tème nerveux qui lui est propre et sa paroi cellulaire est colonisée par 40 000 milliards de bactéries de mille espèces différentes qui forment son précieux microbiote, autrefois appelé « flore intestinale », aux multiples fonctions. « Ce "petit" cerveau communique en permanence avec le "grand" qui est dans notre tête grâce à une autoroute à plusieurs voies », poursuit en souriant Emeran Mayer (voir l'infographie p. 29). Tant et si bien qu'émerge une nouvelle et très prometteuse piste thérapeutique : soigner le microbiote pour soulager le cerveau.

Dans le laboratoire Micalis à l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) de Jouy-en-Josas (Essonne), un bâtiment design en bordure de prairie, les chercheurs étudient ce phénomène en élevant des souris très

particulières. D'apparence normale, elles sont en fait dépourvues de microbiote (« axéniques »). Sylvie Rabot, microbiologiste, et Laurent Naudon, neuroscientifique, affinent leur nouvelle expérience : deux groupes de rongeurs, l'un composé d'axéniques, l'autre non, vont subir séparément des stress pendant cinq semaines, alors que deux autres groupes resteront tranquilles. « En examinant leur cerveau, nous découvrirons si le microbiote influence ou non la production de nouveaux neurones, d'ordinaire perturbée par le stress », explique Laurent Naudon. Cette hypothèse improbable n'aurait pas vu le jour sans les travaux pionniers (2004) de Nobuyuki Sudo, de l'université de Kyushu (Japon). L'équipe japonaise a démontré que des souris axéniques sont plus stressées que ►

100 fois plus



de gènes dans
le microbiote
intestinal
que dans
le génome
humain

40 000 milliards de bactéries,



autant que de cellules dans le corps
humain, vivent dans l'intestin grêle et
surtout le côlon. Elles appartiennent à
au moins 1000 espèces et 700 souches
de 4 embranchements majoritaires
(bactériodates, firmicutes,
protéobactéries, actinobactéries)

9800 études



sur le
microbiote
intestinal
ont été
publiées à
ce jour. Deux

vastes programmes de
recherche internationaux
ont été lancés en Europe
(My New Gut Project, 9
millions d'euros) et aux
États-Unis (Microbiome
Gut-Brain Axis, 7 millions
de dollars)

Les 4 autres principaux microbiotes

Microbiote vaginal

Microbiote cutané

Microbiote respiratoire

Microbiote mammaire

De 10 000
à 100 000
bactéries/g dans l'estomac

De 100 000
à 100 millions
de bactéries/g
dans le duodénum



De 10 milliards à
100 milliards
de bactéries/g dans le côlon

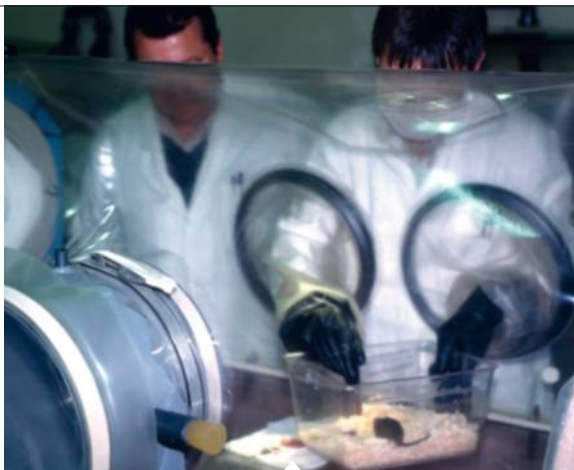
200 millions de neurones



de l'intestin forment
le système nerveux
entérique

► la normale et « suractivent » l'axe du stress, dit hypothalamo-hypophyso-surrénalien. Inédit ! La piste « microbiote-cerveau » est lancée. Dès lors, les chercheurs découvrent que l'absence de microbiote modifie aussi l'expression de gènes cérébraux impliqués dans la croissance des neurones et la formation des synapses, et qu'elle est liée à une moindre étanchéité de la barrière dite hémato-encéphalique, qui protège le cerveau de toute intrusion. Mieux ! Les souris axéniques présentent également un défaut de mémorisation et de comportement social. Plus déroutant, les perturbations cessent lorsque les scientifiques implantent un microbiote chez ces rongeurs qui en étaient dépourvus. Seule la suractivation de l'axe du stress demeure inchangée, sauf si l'implantation de bactéries intestinales se fait précocement, dès l'adolescence.

De quoi imaginer d'éventuelles applications chez l'humain. « Une colonisation bactérienne perturbée (par une naissance prématurée ou la prise d'antibiotiques) pourrait donc être à l'origine de troubles chez l'enfant, suggère Sylvie Rabot. Si c'est



À l'Institut Micalis de l'Inra, les chercheurs ont montré que des souris dépourvues de microbiote intestinal présentent des troubles de mémorisation et de comportement. Des perturbations qui régressent quand on leur implante un microbiote.

le cas, on pourrait rétablir une maturation normale en agissant assez tôt sur le microbiote. »

Jusqu'où cette action pourrait-elle aller ? En 2011, une étude menée par Premysl Bercik, de l'université McMaster (Canada), en donne une idée : chez une souris axénique de souche BALB/c, sélectionnée pour son comportement anxieux, les chercheurs ont procédé à une transplantation fécale (lire p. 30) du microbiote d'une souris NIH Swiss, non anxieuse. Résultat : une baisse de l'anxiété chez la première ainsi qu'une augmentation d'un facteur de crois-

sance nerveux dans l'hippocampe, la zone de la mémorisation dans le cerveau. John Cryan, professeur du département d'Anatomie et neurosciences de l'université de Cork (Irlande), parvient, lui, à réduire le comportement anxieux d'une souris BALB/c en lui faisant consommer pendant 28 jours une souche d'une bactérie lactique (*Lactobacillus rhamnosus*), un probiotique (bactérie vivante). « D'autres études, également avec des probiotiques, ont cependant apporté des résultats contradictoires avec des lignées différentes de souris et d'autres souches de bactéries lactiques, relativise Sylvie Rabot. Il n'y a pas encore de consensus. »

Quoi qu'il en soit, comment une bactérie peut-elle modifier le cerveau jusqu'à agir sur le comportement ? « Une des voies possibles est le nerf vague [qui relie le système digestif et le cerveau, lire S. et A. n° 834], répond John Cryan. Pour tester cette hypothèse, nos animaux ont subi une vagotomie (ablation du nerf vague), puis ont été traités par *Lactobacillus rhamnosus*. » Constatation : l'effet des probiotiques sur le comportement cesse. « *Lactobacillus rhamnosus* pourrait servir comme antidépresseur et anxiolytique grâce à ses effets sur le nerf vague, conclut le chercheur. Des études sont en cours pour examiner l'effet de ce microbe sur la réponse au stress chez l'humain. »

■ Des bactéries contre la dépression

Reste, en effet, à démontrer le lien entre microbiote et troubles mentaux chez l'humain. Déjà, quelques études identifient une différence d'espèces bactériennes entre patients dépressifs et ceux qui ne le sont pas. Entre autres, Ali Naseribafrouei, de l'université Arctique (Norvège), trouve, à partir d'échantillons fécaux, davantage de bactéries du groupe des *Bacteroidetes* et moins de celui des

MÉTABOLISME

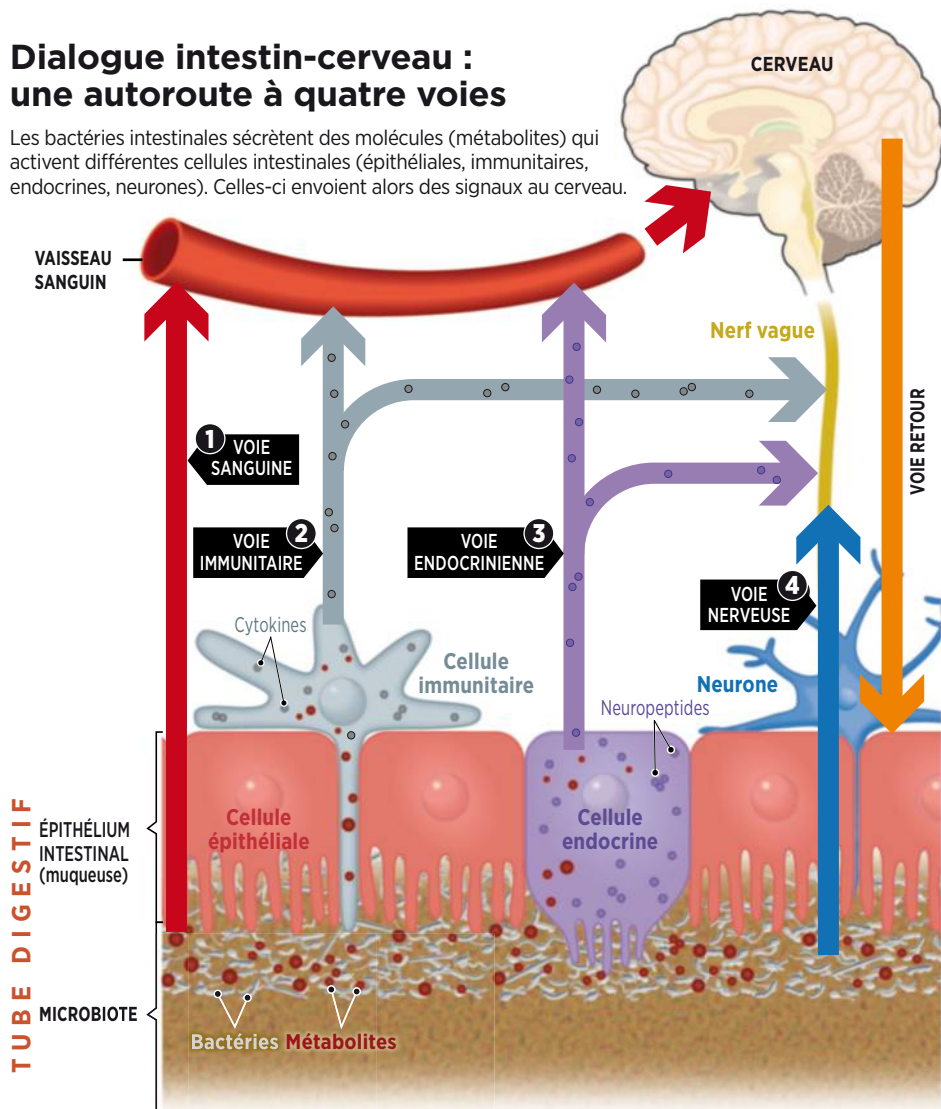
Diabète et obésité : la piste de l'acétate

Une étude de la faculté de médecine de Yale (Connecticut, États-Unis) vient de révéler le mécanisme qui lie le diabète de type 2 — 85 % des cas de diabète — à des changements dans le microbiote (*Nature Medicine* 2016). Après avoir nourri abondamment des rats avec des aliments riches en graisses, l'équipe menée par Gerald Schulman constate que le microbiote intestinal des rongeurs produit de l'acétate, un acide gras à courte chaîne. Or, ces chercheurs avaient démontré antérieurement que l'acétate stimulait la sécrétion d'insuline (qui régule la glycémie) ainsi que la ghréline, une hormone qui active l'appétit. Ils ont

alors injecté l'acétate directement dans le cerveau du rat et, surprise ! la sécrétion d'insuline s'est aussi déclenchée. Et ce, du fait de l'activation du système nerveux parasympathique (nerf vague qui relie l'intestin au cerveau). Enfin, lorsqu'ils ont transféré le microbiote d'un rat suralimenté à un rat normal, les mêmes réactions ont été mesurées. « Toutes ces expériences démontrent un lien causal entre les altérations du microbiote intestinal en réponse aux changements de régime et l'augmentation de la production d'acétate », estime Gerald Schulman. Des cibles potentielles pour de nouvelles thérapies contre le diabète et l'obésité.

Dialogue intestin-cerveau : une autoroute à quatre voies

Les bactéries intestinales sécrètent des molécules (métabolites) qui activent différentes cellules intestinales (épithéliales, immunitaires, endocrines, neurones). Celles-ci envoient alors des signaux au cerveau.



1 - Voie sanguine

Les métabolites (molécules) synthétisés par les bactéries gagnent la circulation sanguine et agissent ainsi sur l'ensemble de l'organisme.

2 - Voie immunitaire

Les cellules immunitaires activées par les métabolites produisent des molécules (cytokines) qui agissent sur le cerveau par voie sanguine ou nerveuse. Elles créent une réponse immunitaire et / ou une inflammation.

3 - Voie endocrinienne

Lorsqu'elles sont activées par les métabolites, les cellules endocrines (sécrétrices) produisent des hormones (neuropeptides) qui agissent sur le cerveau par voie sanguine ou nerveuse, en modifiant l'activité des neurones.

4 - Voie nerveuse

Les neurones du système nerveux de l'intestin, stimulés par les métabolites bactériens, activent le nerf vague jusqu'au cerveau.

Lachnospiraceae chez les patients dépressifs. Cause ou conséquence ? Difficile à dire. Cependant, l'idée que l'on pourrait atténuer l'anxiété, le stress, voire la dépression en modifiant le microbiote fait déjà son chemin. Par exemple, au labora-

toire ETAP-Éthologie appliquée (Vandœuvre-lès-Nancy, Meurthe-et-Moselle), deux souches de bactéries *Lactobacillus helveticus* et *Bifidobacterium longum* ont été administrées à deux groupes de volontaires sains pendant trente jours, les résultats étant compa-

rés à ceux de volontaires prenant un placebo. Au terme de l'expérience, une réduction significative du stress et de l'anxiété a été constatée dans le groupe « probiotique ».

En 2013, Emeran Mayer a, quant à lui, observé, pour la première fois en IRM fonctionnelle que la consommation de lait fermenté (enrichi en probiotiques) pendant trente jours — toujours *versus* placebo — chez des volontaires sains « modifie l'activité des régions cérébrales qui contrôlent la gestion centrale des émotions et sensations ». « C'est une démonstration de faisabilité, remarque le gastro-entérologue. Il s'agit maintenant d'étudier des patients en clinique. » L'objectif : disposer un jour de « psychobiotiques », que John Cryan définit comme « des bactéries vivantes ayant un effet positif sur la santé mentale ». Le marché des probiotiques (y compris les laits fermentés), estimé à 50 milliards de dollars dès 2018 (chiffre de l'agence de conseil en stratégie nutrition Nutrikéo), a de quoi motiver les recherches. Et pas uniquement pour la dépression...

■ Manipuler le microbiote pour améliorer les troubles de l'autisme

L'autisme pourrait en effet bénéficier lui aussi d'une meilleure connaissance du microbiote. Lors du premier symposium international Microbiote pour la santé et la maladie consacré à ce trouble en 2014 (université de l'Arkansas, États-Unis), les chercheurs ont établi que les enfants autistes souffrent d'un taux élevé de problèmes digestifs (constipation, diarrhée, etc.) et que les symptômes digestifs sont corrélés à la sévérité de la pathologie. Bien qu'il puisse s'agir de conséquences du trouble, et non de causes, les scientifiques s'accordent sur un fait : « Si le microbiote intestinal joue vraiment un rôle causal dans

► les symptômes autistiques, alors sa manipulation peut potentiellement être exploitée comme une approche thérapeutique pour améliorer les symptômes ou les troubles associés, dont les symptômes gastro-intestinaux. » Déjà en 2000, un antibiotique (vancomycine), prescrit contre la bactérie pathogène *Clostridium difficile*, avait atténué les symptômes d'un petit groupe d'enfants autistes, le temps du traitement. Et un traitement oral avec une souche de *Bacteroides fragilis* humaine administré à des souriceaux au comportement autistique avait fait reculer leurs anomalies digestives. Selon Richard Frye, neurologue, organisateur du symposium, les scientifiques sont désormais en train de planifier des essais cliniques importants en suivant cette piste.

■ Un biomarqueur précoce de la maladie de Parkinson

La gravité des symptômes parkinsoniens serait égale-

ment corrélée à la concentration de certaines bactéries intestinales, les entérobactéries. Selon Filip Scheperjans, chercheur au département de Neurologie de l'Hôpital universitaire d'Helsinki (Finlande), le dysfonctionnement gastro-intestinal — la constipation notamment — précède souvent de plusieurs années l'apparition des symptômes moteurs au cours de la maladie de Parkinson. Il suggère que le microbiote pour-

RHUMATOLOGIE

Les rhumatismes, liés aux perturbations du microbiote ?

Des études, encore peu nombreuses, révèlent l'existence de perturbations notables du microbiote intestinal au cours de trois maladies inflammatoires, la polyarthrite rhumatoïde, le rhumatisme psoriasique et la spondylarthrite ankylosante. Ces perturbations présentent des similitudes avec celles observées au cours des maladies inflammatoires de l'intestin : raréfaction de la diversité microbienne et appauvrissement d'un groupe de bactéries (*Firmicutes*) ayant des propriétés anti-inflammatoires. Ces résultats préliminaires sont potentiellement importants tant pour la compréhension de ces pathologies que pour le développement de biomarqueurs destinés à évaluer leur sévérité ou leur évolution. M. G.



Les bactéries *Firmicutes* possèdent des propriétés anti-inflammatoires.

BSIP

rait ainsi constituer un bon biomarqueur précoce de la maladie (*Movement Disorders*, 2015).

■ Une cible thérapeutique contre la sclérose en plaques

Enfin, en Irlande, à l'université de Cork, l'équipe de John Cryan a découvert que le microbiote était nécessaire à la souris pour réguler les gènes de la myélinisation (maturation des fibres nerveuses) du cortex préfrontal, région clé du cerveau pour les fonctions cognitives supérieures. « Il est probable que des signaux envoyés par l'intestin au cerveau freinent les processus de myélinisation, affirme-t-il. Le microbiote est donc une cible thérapeutique potentielle pour les troubles psychiatriques impliquant ce fonctionnement » (*Transl. Psychiatry*, 2016). Un espoir pour la sclérose en plaques, où les défenses immunitaires s'en prennent aux cellules chargées de la myélinisation du cerveau. Les recherches sur les nombreuses implications du microbiote sur la santé ne font que commencer. « Nous n'en sommes qu'aux balbutiements, confirme Sylvie Rabot. Mais une chose est déjà sûre : prendre soin de son microbiote ne peut être que bénéfique pour la santé en général et le cerveau en particulier. » E. S.

@Elenasender

MALADIES INFLAMMATOIRES

Les promesses de la greffe fécale

Les maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (Mici), dont on dénombre environ cinq nouveaux cas chaque année pour 100 000 habitants en France, regroupent la maladie de Crohn (MC) et la recto-colite hémorragique (RCH). Elles sont associées à un risque accru de cancer colorectal, notamment en cas de lésions du côlon. Pour l'heure, les chercheurs ont observé chez les malades une importante instabilité de la composition de la flore bactérienne digestive et la présence de germes inhabituels. Sans qu'ils puissent encore préciser si ces anomalies sont ou non à l'origine de ces pathologies. Ce déséquilibre des populations microbiennes intestinales (dysbiose) est caractérisé par un déficit en certaines bactéries (*Firmicutes*) et une augmentation en espèces pathogènes (*E. coli*, notamment).

Il semble plus accentué chez les patients en phase de poussée que chez ceux en période de rémission. Dans la maladie de Crohn, la dysbiose pourrait même présenter un facteur prédictif de récurrence. Pour tenter de pallier ce déséquilibre de l'écosystème bactérien digestif, plusieurs équipes dans le monde, notamment en France, ont réalisé une transplantation de microbiote fécal, qui consiste à introduire un échantillon de selles d'un donneur sain dans le tube digestif d'un malade souffrant de rectocolite hémorragique. Cette procédure s'est avérée très efficace dans les infections récidivantes à *Clostridium difficile* (jusqu'à 68 % des cas). Dans la maladie de Crohn, les études n'ont porté que sur un nombre limité de personnes, ce qui ne permet pas encore de disposer de résultats interprétables. M. G.

Un acteur méconnu du régime anticancer

En interagissant avec les cellules, des bactéries pourraient contribuer au processus de cancérisation... ou le prévenir. Un risque intimement associé au mode d'alimentation.



SHUTTERSTOCK

LORSQU'IL S'AGIT de vanter les vertus d'un « régime anticancer », il est un acteur qui fait encore quasi systématiquement défaut dans le scénario : le microbiote intestinal. Les bactéries de notre tube digestif, qui jouent pourtant les premiers rôles, sont les grandes oubliées des « cuisines anticancer » et autres « vrais régimes » qui inondent les rayons des librairies, sites Internet, blogs et journaux. Or comprendre les liens entre alimentation et microbiote intestinal est fondamental puisqu'il est désormais avéré

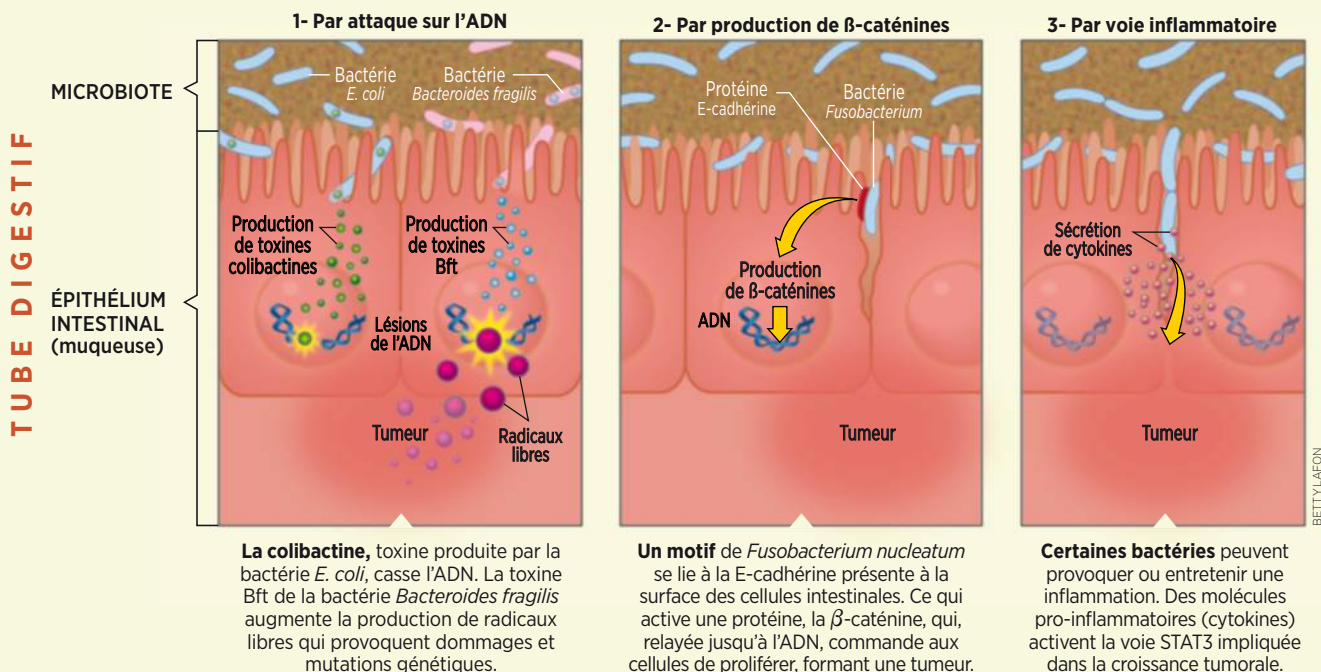
qu'un déséquilibre de celui-ci peut contribuer au processus de cancérisation (voir infographie p. 32). La recherche médicale, qui s'est emparée de ce thème ces dernières années, a d'ores et déjà pu établir que ce que nous mangeons a un impact majeur sur la composition des 40 000 milliards de bactéries que nous hébergeons et sur le répertoire des substances (métabolites) qu'elles produisent. Parmi ces substances, il en est une qui retient tout particulièrement l'attention : le butyrate. Cet acide gras dit à chaîne courte est issu de

Les aliments que nous ingérons ont un impact majeur sur la composition de notre microbiote intestinal. Or, un déséquilibre de ce dernier pourrait favoriser la cancérogenèse.

la fermentation des fibres alimentaires induite par les bactéries du côlon. Or les chercheurs se sont rendu compte qu'il pouvait être à la fois protecteur et inducteur de la cancérisation. Des études chez la souris ont en effet montré que le butyrate, principale source d'énergie des cellules de l'épithélium intestinal, exerce un effet antitumoral car il inhibe la prolifération cellulaire. Il possède, en outre, un effet anti-inflammatoire. Or l'inflammation chronique est un élément important de la cancérogenèse car elle induit ►

Ces bactéries qui fragilisent la paroi intestinale

En créant des brèches dans la muqueuse du côlon, certains germes pourraient favoriser la cancérogenèse des cellules intestinales. Trois mécanismes ont été identifiés.



La présence de microbes au sein d'une tumeur quelle qu'elle soit ne signifie pas que ceux-ci soient forcément impliqués, encore moins responsables, des apparitions du cancer. En revanche, ces bactéries peuvent y trouver une « niche » favorable à leur développement et contribuer, de multiples façons, au processus cancéreux. Certaines toxines sécrétées par ces micro-organismes peuvent endommager l'ADN des cellules de la paroi intestinale en y induisant des cassures double-brin. C'est le cas de la colibactine produite par des souches de *Escherichia coli*. La toxine Bft produite par *Bacteroides fragilis* agit, elle, indirectement sur l'ADN.

Elle augmente la production de radicaux libres qui provoquent dommages et mutations génétiques. Le microbiote peut également activer des signaux moléculaires qui, relayés jusqu'au noyau de la cellule intestinale, lui commandent de proliférer. Une des voies de signalisation implique la protéine β -caténine qui joue un rôle essentiel dans le contrôle du renouvellement cellulaire. La bactérie *Fusobacterium nucleatum*, souvent associée au cancer colorectal, exprime un motif qui, lorsqu'il se lie à une protéine (E-cadhérine) présente à la surface des cellules intestinales, active la voie de signalisation de

la β -caténine. Celle-ci peut être également activée par la toxine Bft de *B. fragilis* entérotoxigénique, bactérie retrouvée en abondance dans des cancers colorectaux. La muqueuse intestinale assure un important rôle de barrière. Mais certaines bactéries sécrétrices d'une enzyme (la métalloprotéase) peuvent créer une brèche par laquelle des germes s'infiltreront en profondeur dans la muqueuse, là où une tumeur commence à se développer. *F. nucleatum* peut inhiber l'immunité antitumorale en empêchant certains lymphocytes T de tuer les cellules cancéreuses. Les bactéries infiltrées peuvent aussi provoquer ou entretenir une inflammation

qui peut favoriser le processus de cancérisation. La production de molécules pro-inflammatoires (cytokines) entraîne l'activation de voies de signalisation impliquées dans la croissance tumorale. Enfin, les bactéries associées à une tumeur colorectale peuvent former un biofilm au sein duquel les germes coopèrent et sécrètent des substances (métabolites) pouvant contribuer à la cancérisation. Attention toutefois : association n'est pas causalité. Même si le microbiote semble être impliqué dans la cancérogenèse, cela ne signifie pas pour autant qu'il en est directement responsable. **M. G.**



MELEK ARKAN

« La greffe de microbiote fécal de souris cancéreuses à des souris saines quoique prédisposées leur a transmis le cancer »

Melek Arkan, directrice de recherche, Université technique de Munich

► une augmentation du renouvellement cellulaire. Mais, à l'inverse, une autre étude a montré que le butyrate, administré à faible dose chez des souris génétiquement prédisposées au cancer du côlon, pouvait favoriser le développement de tumeurs en stimulant la prolifération cellulaire. Il semble donc que le développement tumoral dépende à la fois du taux de butyrate et du profil génétique de l'hôte. Ce qui fait dire au Pr Wendy Garrett, de la faculté de médecine de Harvard à Boston (États-Unis), dans la revue *Science* que « ces études [chez l'animal] soulignent les difficultés à transposer des données de recherche fondamentale concernant alimentation, microbiote et cancérogenèse en recommandations nutritionnelles consensuelles visant à réduire le risque de cancer ».

Le rôle délétère des acides gras saturés

Sur un point, toutefois, il existe un accord entre les chercheurs : la consommation exagérée d'acides gras saturés (AGS) augmente le risque de cancer colorectal. Des AGS que l'on trouve dans les graisses animales (beurre, fromage, viandes, charcuteries) mais aussi dans les plats cuisinés, les pâtisseries et les viennoiseries. Une étude allemande menée chez des souris génétiquement prédisposées au cancer colorectal a ainsi montré que ce type d'alimentation induit un déséquilibre dans la composition du microbiote (dysbiose) qui favorise le développement d'un cancer intestinal. Elle a en outre révélé que l'apparition d'une tumeur s'accompagne d'une diminution significative du

taux de butyrate dans les matières fécales. En revanche, lorsqu'on leur administre ce composé, on observe une nette réduction de la survenue de cancer. Cet effet protecteur du butyrate s'accompagne parallèlement d'une modification de la composition du microbiote de l'intestin grêle.

La relation intime entre microbiote et cancer a aussi été remarquablement illustrée dans une autre étude allemande menée chez des rongeurs et publiée en 2015 dans *Nature*. Des chercheurs de l'Université technique de Munich ont transplanté la flore bactérienne fécale de souris atteintes d'un cancer induit par une consommation excessive d'AGS à d'autres, génétiquement prédisposées mais saines. Le résultat est tout simplement inouï ! « Ce transfert a suffi à transmettre la maladie aux ron-

geurs sains, alors même que ceux-ci ne recevaient pas une alimentation riche en AGS », résument Melek Arkan et ses collègues. Preuve que la dysbiose joue bien un rôle causal dans le processus cancéreux.

Pour s'en assurer, les chercheurs ont administré des antibiotiques à des souris nourries avec des aliments riches en AGS afin d'éradiquer une partie de leur microbiote. Résultat tout aussi spectaculaire : ce traitement antibiotique, en modifiant des populations bactériennes, a permis de « bloquer complètement la progression tumorale » induite par ce type de régime alimentaire ! Autre effet délétère avéré des AGS : les chercheurs ont établi qu'une alimentation riche peut également exercer un effet cancérogène par l'intermédiaire des acides biliaires, des produits de transformation du cholestérol par le foie sécrétés par la bile. Seuls 5 % d'entre eux parviennent au côlon où ils sont transformés par les bactéries intestinales en acides biliaires dits secondaires. L'un d'eux, l'acide désoxycholique, favoriserait le cancer du foie chez la souris. ►

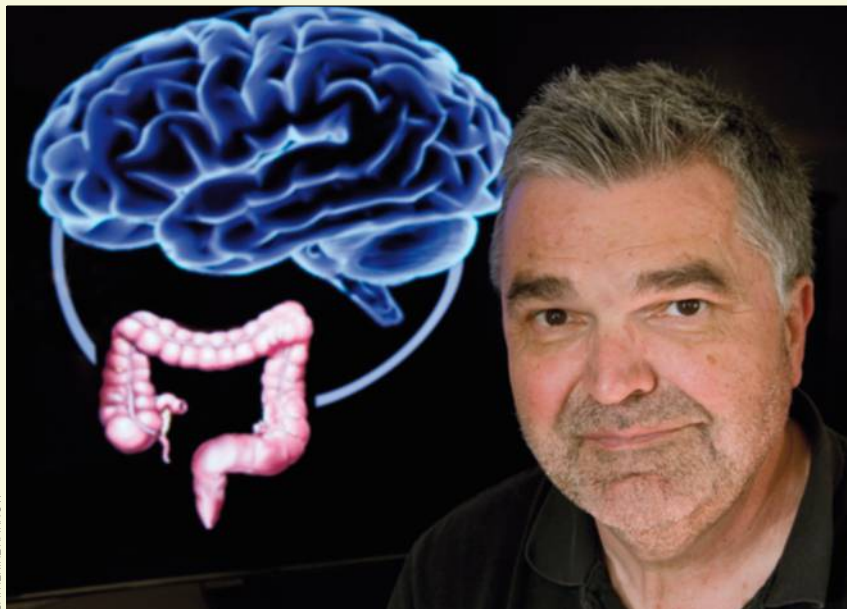
CANCER DU SEIN

La flore bactérienne du tissu mammaire jouerait un rôle clé

Contrairement à ce que les médecins ont longtemps pensé, le tissu mammaire n'est pas stérile mais héberge une flore bactérienne particulière. Une étude, publiée en 2014 dans la revue *PLOS One*, est d'ailleurs venue accroître la surprise. Elle montre en effet qu'il y a dix fois moins de bactéries dans le tissu mammaire tumoral des patientes que dans le tissu

normal adjacent ou dans celui de femmes saines. Qui plus est, la composition du microbiote mammaire n'est pas la même. Un déséquilibre qui pourrait influencer négativement sur l'immunité locale, selon les chercheurs du John-Wayne Cancer Institute de Santa Monica en Californie (États-Unis). Cette même équipe a comparé l'ADN bactérien présent dans

le liquide d'aspiration du mamelon de femmes atteintes ou indemnes de cancer du sein. En juin, elle a rapporté dans la revue en ligne *Scientific Reports* des différences de composition du microbiote entre ces deux groupes. Les études doivent se poursuivre pour comprendre les implications réelles de cette découverte. M. G.



Les 8 conseils du Dr Emeran Mayer

Le gastro-entérologue américain*, spécialiste de renommée mondiale de l'axe cerveau-intestin, fait le point sur les bonnes habitudes à adopter pour cultiver un microbiote en pleine santé.

1 Augmenter les fibres, réduire les graisses animales

Les bactéries intestinales se nourrissant de fibres (prébiotiques), il est bénéfique d'en augmenter l'apport sous forme d'aliments complets, de légumes et de fruits. Les aliments riches en graisses animales, eux, font croître la proportion de bactéries *Bacteroides* et *Firmicutes* productrices de métabolites favorisant une inflammation locale. Celle-ci engendre une perte de sensibilité du nerf vague aux signaux de satiété envoyés vers le cerveau, d'où une moindre régulation de l'appétit. Mieux vaut donc opter pour des protéines pauvres en graisses (poisson, volaille...).

2 Éviter les additifs Les édulcorants des aliments industriels accroissent le taux de *Bacteroides* et *Clostridiales*, qui produisent des métabolites augmentant la résistance à l'insuline (préalable au diabète et à l'obésité). En outre, ils facilitent l'absorption des calories par le côlon, ce qui fait prendre du poids ! Les émulsifiants provoquent, eux, une inflammation intestinale altérant les signaux de satiété envoyés au cerveau. Pour ce qui est du gluten, les patients ayant de vraies allergies au blé ou une maladie coeliaque doivent l'éviter car il augmente chez eux la porosité et l'inflammation intestinales. Pour les autres, il n'existe à ce jour aucune preuve

► Toutes ces études — même si elles ont été menées sur des rongeurs — laissent ainsi penser qu'une alimentation moins riche en AGS pourrait influencer favorablement sur le microbiote et donc diminuer le risque de cancer. D'autant que les recherches épidémiologiques ont montré que la consommation excessive de viande rouge est associée à une augmentation du risque de cancer colorectal. Parmi les facteurs cancérogènes figure le fer héminique alimentaire — ainsi appelé car il renferme une structure appelée « hème » — contenu en plus grande quantité dans la viande rouge que dans la viande blanche. Une étude néerlandaise, publiée en 2014 dans la revue *PNAS*, a montré que le microbiote permet à l'hème d'exercer son action cancérogène sur les

cellules intestinales. Pour comprendre, il faut savoir que les cellules intestinales sont recouvertes d'un mucus qui fait office de barrière de protection. Celui-ci tapisse et lubrifie la paroi intestinale, facilitant le passage des matières fécales et protégeant la muqueuse colique. Mais les chercheurs ont montré que certaines bactéries du microbiote, notamment celles qui produisent du sulfure d'hydrogène, sont capables de percer le mucus, ce qui permet à l'hème d'atteindre plus facilement les cellules du côlon qui se mettent alors à proliférer. Ce

rôle facilitateur du microbiote dans l'apparition du cancer a cependant pu être contrecarré lorsque ces souris ont reçu des antibiotiques qui ont éliminé les bactéries destructrices du mucus : le traitement a permis d'abolir l'hyperprolifération cellulaire induite par l'hème présent dans la viande rouge.

Les atouts du régime méditerranéen

Autre découverte récente : le microbiote peut jouer un rôle protecteur lorsque l'alimentation est riche en fibres. Une étude,

Ces résultats laissent espérer la possibilité de réduire le risque de cancer en consommant davantage de fibres et moins de graisses

scientifique solide qui expliquerait une hypersensibilité et justifierait un interdit.

3 Privilégier des aliments fermentés, probiotiques naturels Les aliments fermentés (kimchi, kombucha, miso, choucroute), les produits laitiers (kéfir, yaourts, fromages) sont riches en micro-organismes vivants qui enrichissent provisoirement le microbiote. À privilégier en cas de stress, qui appauvrit la diversité bactérienne (voir 5), ainsi que pendant la prise d'antibiotiques, ces derniers décimant la flore intestinale.

4 Choisir avec attention les probiotiques du commerce Les probiotiques (bactéries vivantes) du commerce peuvent être utiles pour enrichir son microbiote. Cependant les étiquettes sont souvent vagues, et il est difficile de savoir combien de bactéries atteignent réellement l'intestin.

5 Manger détendu ! Un état émotionnel négatif (stress, colère, tristesse) réduit la diversité des bactéries du microbiote, attaquées par les acides de l'estomac, et rend la paroi intestinale plus poreuse et donc sujette aux inflammations. En outre, on tend alors à consommer des aliments de réconfort (gras et sucrés) qui accentuent le phénomène. Le bien-être, au contraire, pousse à choisir des aliments riches en fibres, bons pour

le microbiote. Méditation, relaxation ou yoga permettent d'entretenir cet état.

6 Jeûner Stopper le grignotage entre les repas constitue une forme de jeûne régulier salubre. Jeûner permet de débarrasser le système nerveux intestinal des métabolites indésirables. Le nerf vague, notamment, retrouve sa sensibilité aux signaux de satiété.

7 Faire de l'exercice Une corrélation positive existerait entre un exercice régulier et la diversité du microbiote. Probablement en diminuant le niveau de stress, mais aussi en augmentant la tonicité du système parasympathique (nerf vague). Il est conseillé, par exemple, de faire 40 minutes de marche par jour.

8 Être vigilant pendant et après la grossesse Les métabolites du microbiote maternel peuvent influencer le développement du cerveau du fœtus. Une alimentation favorisant un bon microbiote est souhaitable. Le stress maternel durant la grossesse et la petite enfance ayant aussi des effets négatifs sur le développement de l'axe cerveau-intestin, les techniques antistress sont, là encore, bénéfiques. **E. S.**

* Directeur exécutif du Centre de neurobiologie du stress à l'université de Californie, à Los Angeles, auteur de *The Mind-Gut Connection* (voir ci-contre).

publiée en 2015 dans *Nature Communications*, a été menée auprès de 20 Noirs américains et 20 habitants de zones rurales d'Afrique du Sud, qui ont échangé leur régime alimentaire pendant deux semaines. La proportion de graisses et de fibres a donc été inversée dans les deux groupes : la consommation de graisses et protéines animales est en effet deux à trois fois plus élevée chez les Noirs américains que chez les Sud-Africains, dont l'alimentation a une teneur en sucres complexes et en fibres bien plus élevée. Les participants ont accepté de se soumettre à des biopsies du côlon afin de déterminer le taux de prolifération cellulaire et l'éventuelle présence d'une inflammation, deux indicateurs associés à un risque

potentiellement élevé de cancer. Chez les Noirs américains, la conversion à une alimentation très riche en fibres et appauvrie en graisses s'est accompagnée d'une réduction significative de ces deux indicateurs, autrement dit d'une diminution du risque de cancer. Les concentrations de butyrate, habituellement basses dans cette population, ont en revanche augmenté d'un facteur 2,5 alors qu'elles ont chuté de moitié chez les Sud-Africains. Or un déficit de butyrate — qui provient de la fermentation des fibres sous l'action de certaines espèces bactériennes — contribue à augmenter le potentiel cancérigène des acides biliaires secondaires. Autre constat : ces derniers étaient réduits de 70 % chez les

POUR EN SAVOIR PLUS

Livres

► **Les Recettes du régime microbiote**, André Burckel, éditions Mediaclo, 2016

► **Le régime microbiote : la santé passe par nos intestins**, André Burckel, éditions Mediaclo, 2016

► **L'Intestin au secours du cerveau**, David Perlmutter, éditions Marabout, 2016

► **The Mind-Gut Connection: How the Hidden Conversation Within Our Bodies Impacts Our Mood, Our Choices, and Our Overall Health**, Emeran Mayer. ed. Harper. Traduction française à paraître en 2017

En ligne

► **Dossier Inserm : Microbiote intestinal et santé** (Inserm) <http://sciv.fr/2aMzZOE>

► **Journal du CNRS Microbiote : des bactéries qui nous veulent du bien** <http://sciv.fr/2bmYtSK>

Noirs américains, tandis qu'ils avaient augmenté de 400 % chez les Sud-Africains !

Même si ces résultats, qui demandent à être confirmés sur de plus larges effectifs, impliquent un apport élevé en fibres (plus de 50 g par jour), ils laissent espérer la possibilité de réduire le risque de cancer en consommant davantage de fibres et moins de graisses. Il a ainsi été montré qu'un régime « méditerranéen », apportant beaucoup de céréales, légumineuses, fruits et légumes, permet de moduler la composition du microbiote avec production d'un taux élevé d'acides gras à courte chaîne exerçant un rôle protecteur vis-à-vis du cancer. ■

Marc Gozlan

 @MarcGozlan

COMÈTES Astres de glace et de poussières en orbite autour du Soleil, situés entre 50 000 et 100 000 fois la distance Terre-Soleil. Certains peuvent cependant entrer dans le système solaire interne.

ASTÉROÏDES Corps formés de fer ou de silicates en orbite autour du Soleil. On en connaît environ 700 000 qui gravitent entre Mars et Jupiter, mais certains sont plus près du Soleil et d'autres entre Jupiter et Neptune.

CENTAURES Corps de nature indéterminée, comètes, astéroïdes ou successivement les deux. Leur distance au Soleil est comprise entre 5,2 et 30 fois la distance Terre-Soleil, soit entre les orbites de Jupiter et de Neptune.

Les centaures font planer leur menace sur la Terre

Friables, instables, innombrables : ni tout à fait astéroïdes, ni vraiment comètes, ces astres défient les astronomes par leurs propriétés. Par le passé, ils auraient déjà frappé la Terre.

Par Jacques-Olivier Baruch

UN NOUVEAU DANGER guette au-dessus de nos têtes ! Des centaures pourraient bien, un jour ou l'autre, entrer en collision avec la Terre. Si, dans la mythologie grecque, ce nom désigne des êtres doubles et cruels au tronc d'homme et au corps de cheval, en astronomie, ce sont des astres de nature indéterminée, tantôt astéroïdes, tantôt comètes, voire successivement les deux. « *Il faut s'en inquiéter* », s'alarme Bill Napier, professeur à l'université de Buckingham (Grande-Bretagne), dans un article récent publié par la Royal Astronomical Society britannique. Car, selon lui, les chevauchées erratiques de quelques-uns de ces astres pourraient bien s'avérer redoutables. Avec Chiron, le premier d'entre eux découvert en 1977, ils seraient au nombre de 124 à pouvoir croiser un jour l'orbite de la Terre, selon le Minor Planet Center,

géré par l'Union astronomique internationale. Mais ce ne serait que la partie émergée de l'iceberg ! Car il y en aurait 44 300 selon Jonathan Horner de l'université de Berne (Suisse)... voire 280 millions selon Romina Di Sisto, du département de mécanique céleste de Buenos Aires (Argentine). Et en raison de leur orbite très instable, cer-

44 300
centaures
au minimum
croiseraient dans
l'espace.

MISSION EURO-AMÉRICAINNE

Comment éviter l'impact

En cas de détection d'un corps potentiellement dangereux, une solution serait de le dévier de sa trajectoire. Encore faut-il connaître ses caractéristiques, puis savoir le déplacer. Pour ce faire, la mission euro-américaine Aida (Asteroid Impact and Deflection Assessment) est déjà sur les rails. L'euro-américaine AIM (Asteroid Impact Mission) serait lancée en octobre 2020 pour une approche de l'astéroïde Didymos et de sa lune Didymoon en mai 2022. AIM observerait également l'arrivée de la sonde américaine Dart fin 2022 et l'effet de son écrasement sur Didymoon à la vitesse de 6 km/s.

tains d'entre eux pourraient bien venir nous rendre visite un jour... Contrairement à la plupart des 700 000 astéroïdes et comètes qui gravitent respectivement entre Mars et Jupiter et au-delà de Neptune, les centaures sont dans un entre-deux, à une distance du Soleil comprise entre 5,2 et 30 fois la distance Terre-Soleil. Leur diamètre serait supérieur à un kilomètre, et même à plus de 50 kilomètres pour une centaine d'entre eux, comme Chariklo (236 kilomètres) et Chiron (233 kilomètres). Or la masse d'un seul centaure de 100 kilomètres représente 100 fois celle de tous les géocroiseurs connus à ce jour et surveillés quotidiennement ! Selon les calculs de Bill Napier, les centaures proviendraient d'une zone située au-delà de Neptune, appelée la ceinture de Kuiper, et seraient happés par le champ gravitationnel de l'une des quatre ▶



**Les centaures
proviendraient de
la ceinture de Kuiper,**
zone du système
solaire située au-delà
de Neptune
(vue d'artiste).

SURVEILLANCE

La chasse aux géocroiseurs est ouverte

Les programmes de recherche d'astres potentiellement menaçants s'intensifient.

Les amateurs sont conviés à se joindre à ces observations.

À la suite d'un rapport de la Nasa de 2003, le Congrès américain a demandé deux ans plus tard à l'organisme spatial de répertorier 90 % des géocroiseurs de plus de 140 mètres avant 2020. Plusieurs programmes sont en cours.

PAN-STARRS (Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System) est un télescope dédié à la recherche des astéroïdes, comètes et objets de Kuiper à Hawaii. Trois autres télescopes sont prévus.

LINEAR (Lincoln near Earth Asteroid Research), programme du Massachusetts Institute of Technology, est un double télescope installé dans le Nouveau-Mexique.

SPACEWATCH, lancé en 1980, utilise deux télescopes de l'observatoire de Kitt

Peak dans l'Arizona afin de répertorier les objets de plus de 50 mètres qui pourraient heurter la Terre durant le siècle.

NEOWISE est un programme utilisant le satellite infrarouge Wise. **CATALINA SKY SURVEY** utilise un télescope installé sur les monts Santa Catalina, près de Tucson (Arizona). C'est un projet très fécond, avec environ 300 astéroïdes découverts chaque année depuis dix ans. Son homologue pour l'hémisphère Sud est le Siding Spring Survey, à l'observatoire australien du même nom.

SSA (Space Situational Awareness), lancé en 2009 par l'Agence spatiale européenne, l'Europe se voulant en effet autonome en matière de détection de géocroiseurs. Sa tête de pont est la station italienne de Frascati avec son programme

automatisé de recueil des données Neodys-2. Celui-ci s'appuie sur les mesures réalisées par 1956 observatoires de par le monde, dont certains tenus par des amateurs. **SENTINEL** Ce télescope spatial infrarouge mis en œuvre par la fondation américaine B612 (du nom de l'astéroïde du Petit Prince) devrait être lancé en 2018. Il joindra ses efforts à ceux du Large Synoptic Survey Telescope (LSST), financé par la France, le Chili et les États-Unis, pour détecter 90 % des astéroïdes supérieurs à un mètre à partir de 2019.

ASTEROID DATA HUNTER, une application offerte par la Nasa, donne enfin aux astronomes amateurs l'occasion de participer à la chasse en leur permettant d'analyser les images qu'ils prennent avec leur télescope.

► planètes géantes. Mais selon diverses simulations, leur situation entre Jupiter et Neptune ne serait qu'une escale. Perturbés par la proximité de l'une ou l'autre des planètes géantes, les centaures ne resteraient en moyenne que 2,7 millions d'années sur leur orbite avant d'être soit éjectés vers l'extérieur du système solaire, soit projetés vers l'intérieur... où ils finiraient leur course en heurtant l'une de ces planètes. Uranus et Neptune seraient ainsi impactées tous les 1000 ans. Et ce serait tous les 880 ans que l'un des centaures croiserait l'orbite de la Terre.

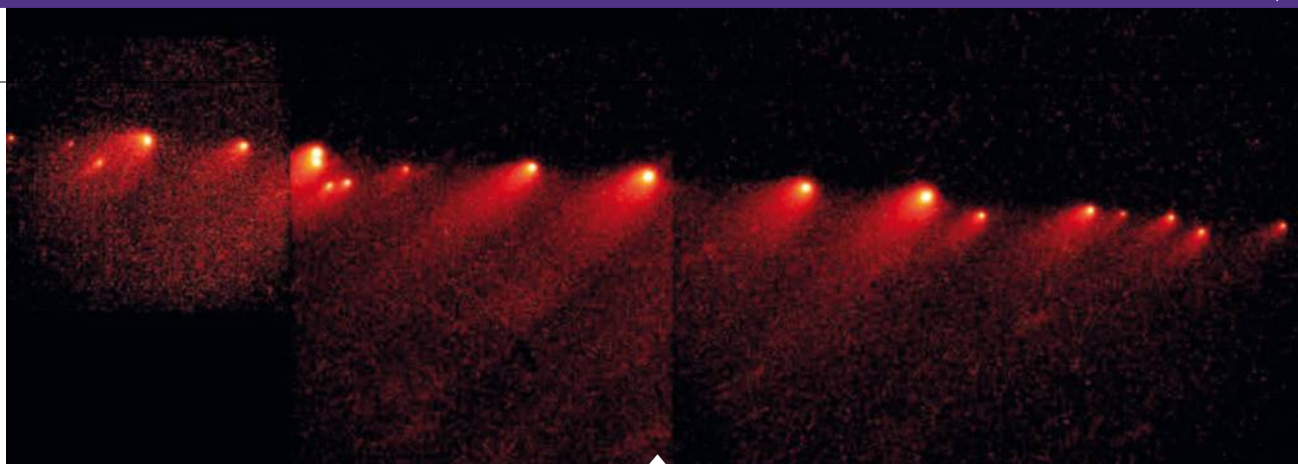
Leur cohésion laisse à désirer

Le risque de collision n'est donc pas nul. Et Bill Napier l'affirme : le choc a déjà eu lieu au moins à trois reprises. Il y a 12 800 ans, entraînant un refroidissement d'environ 1300 ans et une réduction importante des populations animales ; il y a 4350 ans, provoquant un énorme tsunami dans le Pacifique, rapporté par les légendes chinoises et océaniques ; il y a 65 millions d'années, le chercheur écossais n'hésitant pas, en effet, à affirmer que le cratère de Chicxulub (Mexique) — provoqué par la météorite responsable de l'une des plus importantes extinctions de masse, dont celle des dinosaures — aurait été le fait d'un centaure de nature cométaire. Mais ses affirmations laissent certains scientifiques sceptiques. « Les matériaux entrés en collision avec la Terre semblent plutôt appartenir à des astéroïdes de la ceinture principale, remarque Patrick Michel, de l'observatoire de Nice. S'il s'était agi de comètes, on devrait en effet retrouver de l'hélium 3, typique de celles-ci, dans les couches géologiques des différentes époques. » Bill Napier argue du peu de connaissances actuelles sur la nature des centaures, aucune sonde ne les ayant encore étudiés.



FULL MOON PHOTOGRAPHY.NET

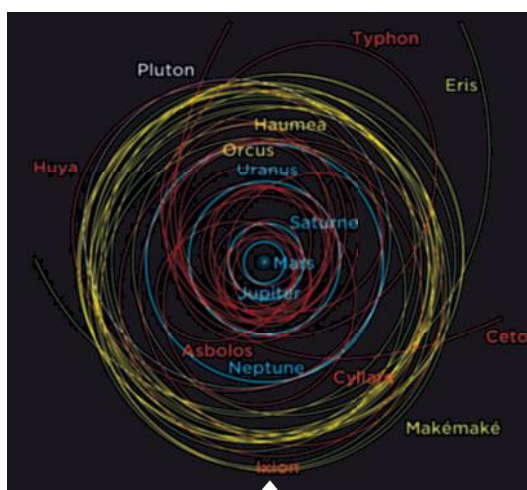
Le télescope du Catalina Sky Project, dans l'Arizona, détecte chaque année plus de 300 astéroïdes.



H. WEAVER (JHU), T. SMITH (STSC), NASA

En 1992, la comète Shoemaker-Levy s'est disloquée en frôlant Jupiter. Deux ans plus tard, les morceaux entraient en collision avec la planète.

Bill Napier affirme également que les centaures-comètes seraient beaucoup plus dangereux que les astéroïdes de la ceinture principale. D'une part, parce qu'ils sont souvent plus gros, d'autre part, parce que leur cohésion laisse à désirer. Comme toutes les grosses comètes, ce sont des astres très peu denses qui peuvent se casser, comme cela s'est produit en juillet 1994 lorsque les neuf morceaux de la comète Shoemaker-Levy-9 se sont fracassés à tour de rôle sur Jupiter. De même, un ensemble de comètes qui rasant le Soleil et parfois s'y consomment, appelé le groupe de Kreutz, pourrait lui aussi provenir de la fragmentation d'une comète de 100 kilomètres il y a 1700 ans. Mais aussi l'énorme essaim de cailloux météoritiques des Taurides, que la Terre traverse chaque année entre octobre et novembre, et qui pourrait être formé des débris d'une grosse comète, selon Josef Klacka, de l'université Comenius à Bratislava (Slovaquie). Son compatriote Lubor Kresak soutient même que l'un d'eux aurait provoqué la catastrophe de la Tounougouska en 1908 en Sibérie, même si des études récentes font pencher la balance vers un morceau d'astéroïde. Derniers exemples en date : la comète Hartley 2, visitée par la sonde Deep Impact en 2010, a éjecté des morceaux de 15 à 20 centimètres. Mais aussi la sonde Rosetta, qui a observé des morceaux de la taille du mètre



Les orbites des centaures (en rouge) sont instables. Elles sont perturbées par le champ gravitationnel des planètes géantes (en bleu). Les orbites des comètes stables sont figurées en jaune.

près de la comète Tchouri l'année dernière. Le risque ne serait donc pas la chute d'un seul corps massif mais des bombardements d'immenses rochers de glace et de silicates pendant plusieurs milliers d'années.

Une étonnante concordance de dates

Pour appuyer leur thèse, Bill Napier et ses collègues mettent en avant la datation concomitante de quelques cratères d'impact sur la Terre, qui laisse présumer que leur origine est commune et qu'ils proviennent d'un même corps. Ils associent ainsi le cratère de Chicxulub et celui de Boltysh, en Ukraine, tous deux datés de 65 millions

d'années, à 2500 ans près. Idem pour Popigai en Sibérie et Chesapeake Bay à l'est des États-Unis, âgés de 35,8 millions d'années. Une concordance effectivement étonnante, à moins que les datations ne soient remises en question, ce qui fut le cas récemment pour le cratère de Rochechouart (Haute-Vienne). Les chercheurs le pensaient concomitant de celui de Manicouagan, au Québec, mais il est passé de 214 à 200 millions d'années en 2010. Reste cependant une différence de taille concernant les couples de cratères associés par l'équipe de Bill Napier : ils n'ont pas la même composition. « L'hypothèse cométaire des centaures en sort renforcée, car leur nature double est possible. C'est le cas de Tchouri, formé de deux corps différents. »

Faut-il vraiment s'inquiéter de l'approche éventuelle de ces astres des confins du système solaire ? « La Nasa s'intéresse aux objets pouvant heurter la Terre dans un futur proche. Aucun centaure n'est dans ce cas », affirme Robert McMillan, de l'université d'Arizona (États-Unis), responsable du programme Spacewatch, financé par la Nasa. Vraiment ? Plusieurs corps de quelques mètres qui se sont approchés très près de la Terre ont déjà échappé à la vigilance des astronomes. Recevoir un jour un morceau de centaure, que ce soit le tronc d'homme ou le corps de cheval, ferait très mal. ■



LE + NUMÉRIQUE
L'application de la Nasa pour devenir un chasseur d'astéroïdes : sciav.fr/835asteroide

« Le vide est la matrice de tout »

Dans son dernier ouvrage, dont nous publions ci-contre des extraits en exclusivité, l'astrophysicien Trinh Xuan Thuan raconte avec brio comment l'existence du vide a longtemps été niée, jusqu'à ce que la mécanique quantique lui donne de la substance. Interview.

Qu'apportez-vous de nouveau à la vision du vide ?

Le vide me fascine. J'ai précédemment écrit un ouvrage sur l'infini (1) qui, avec le zéro, se comporte comme le yin et le yang [le vide se manifeste en mathématiques sous la forme du zéro]. L'un va avec l'autre. Si vous prenez un nombre et le divisez par zéro, vous obtenez l'infini, si vous prenez un autre nombre et le divisez par l'infini, vous obtenez zéro. Ayant décrit l'effroi des Grecs vis-à-vis de l'infini, je voulais comprendre pourquoi le zéro ne leur est pas apparu et pourquoi ils ne voulaient pas parler du vide alors qu'ils ont tellement développé les mathématiques : théorème de Thalès, géométrie d'Euclide... Mais aussi quelle était la conception du vide dans la pensée orientale.

Comment l'Occident a-t-il vu ces notions ?

Je pense que les Grecs — et donc l'Occident — ressentaient de l'effroi face au vide et l'assimilaient à un chaos primordial. Parce que le vide, bien sûr, a toujours des connotations d'univers primordial, de naissance, de passage du néant à quelque chose... Pour les Grecs, l'univers primordial n'était pas le vide, c'était déjà « quelque chose » avec les quatre éléments (eau, air, terre, feu). Et même un cinquième, la quintessence, qu'Aristote appellerait éther. Son idée que « la nature a



LA PLÉNITUDE DU VIDE,

Albin Michel, en librairie le 1^{er} septembre.

horreur du vide » a influencé l'Occident pendant vingt siècles, jusqu'à la Renaissance.

Cela a-t-il empêché la science de progresser ?

Oui, car nombre de concepts physiques aristotéliens n'étaient pas justes, en particulier celui du vide. Cela a étouffé des voix comme celle des atomistes du v^e siècle avant notre ère, notamment Démocrite pour qui la matière était constituée de particules inscrites en mouvement grâce au vide en eux et entre eux. Galilée puis Blaise Pascal au xvii^e siècle seront les premiers à faire des expériences et à infirmer les théories, en prouvant que l'air n'est pas totalement vide car il exerce une pression, et qu'on peut créer du vide artificiellement.

Et les physiciens ont alors renoncé à l'éther ?

Cette idée d'éther a resurgi avec Newton et, plus tard, avec James Maxwell au xix^e siècle. Quand Newton propose sa théorie de la gravitation universelle (c'est la gravité qui fait tomber la pomme dans le verger ou fait tourner la Lune autour de la Terre), il a besoin de « quelque chose » pour transmettre cette force, et il invoque tout l'Univers, pour reprendre le mot d'Aristote. Cette idée a disparu au xx^e siècle à cause d'Einstein,

pour qui l'espace est complètement dénué de substance.

La mécanique quantique n'a-t-elle pas changé la donne ?

Bien sûr ! En vertu du principe d'incertitude de Heisenberg (2), il peut exister des particules qui émergeraient du vide et y retourneraient tout de suite, dans un cycle extrêmement court (10^{-33} seconde). À l'échelle de Planck (10^{-33} centimètre), l'espace peut donc être vu comme une sorte de mousse quantique constamment en fluctuation. Une vision totalement différente de l'espace totalement vide et calme de la théorie de la relativité à grande échelle. Il existe ainsi une incompatibilité fondamentale entre la mécanique quantique et la relativité, et il nous faudrait une théorie unifiée, que nous n'avons pas.

La vision du vide est-elle la même en Orient ?

Les philosophies orientales ont toujours accueilli la notion de vide à bras ouverts, parce que le vide, pour elles, est la matrice de tout. Il est rempli d'énergie, d'où le titre de mon ouvrage, *La Plénitude du vide*. ■

Propos recueillis par Dominique Leglu

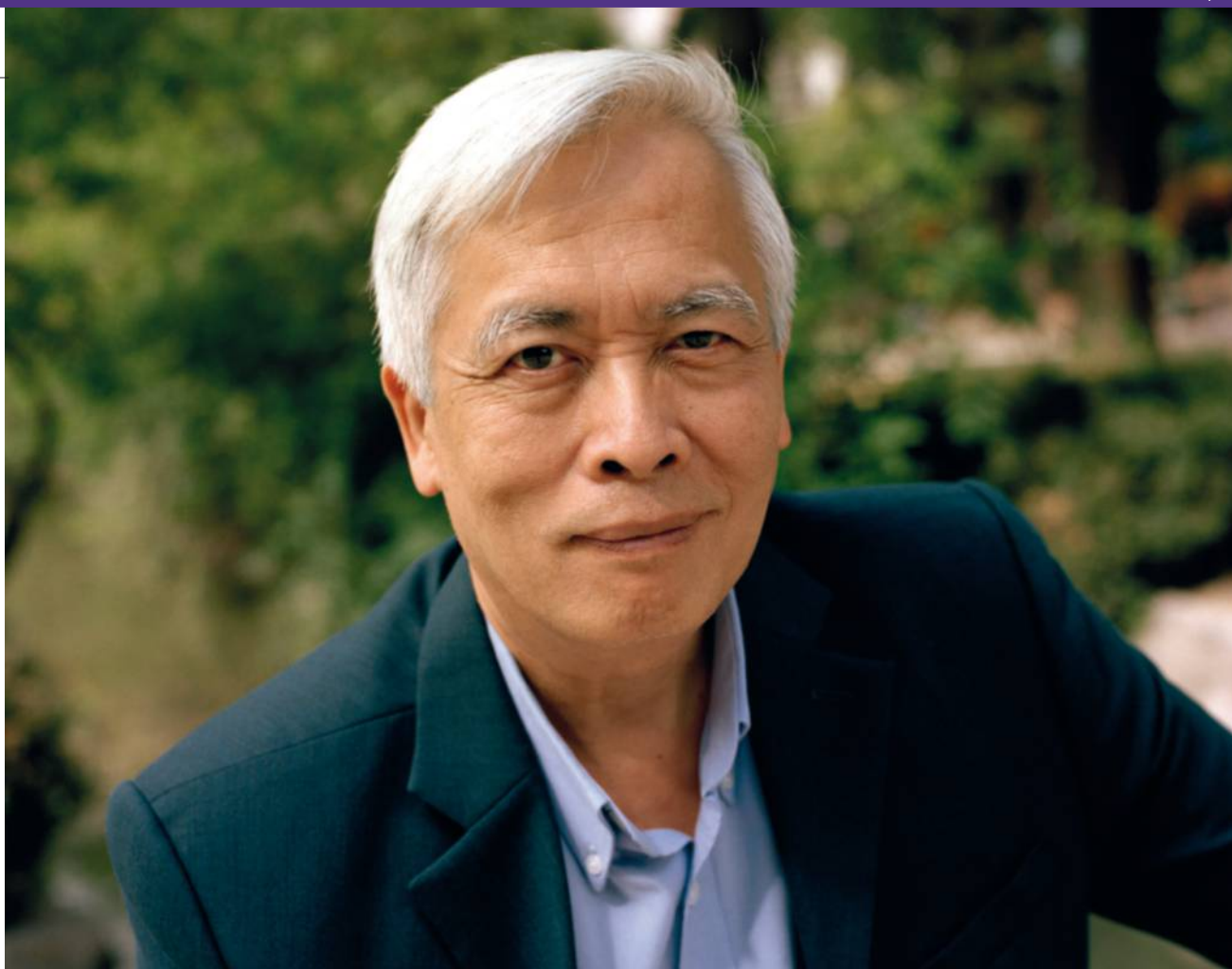
[@dominiqueleglu](https://twitter.com/dominiqueleglu)

(1) *Désir d'Infini*, Fayard, 2013.

(2) Sous sa forme de « produit de l'incertitude sur l'énergie par l'incertitude sur la durée de vie », produit qui doit toujours être supérieur à la constante de Planck.



LE + NUMÉRIQUE
Retrouvez l'intégralité de l'interview de Trinh Xuan Thuan sur notre site : sciav.fr/835thuan



SOPHIE CHIVET/AGENCE VU

“ Le mot *sunya* (vide) apparaît pour la première fois dans un traité de cosmologie indien »

Inspirés par le système babylonien de numération de position et son zéro, dont ils ont appris l'existence lors de l'invasion de l'Inde par Alexandre le Grand et ses troupes au IV^e siècle avant notre ère, [les mathématiciens indiens] vont doter ledit zéro de toutes les propriétés d'un nombre et le faire émerger dans toute sa gloire. C'est le zéro que nous utilisons encore aujourd'hui. Le mot *sunya* (vide) apparaît pour la première fois en l'an 458 dans un traité de cosmologie indien écrit en sanskrit, le *Lokavibhāga*, qui signifie « les Parties de l'Univers ». Ce traité est aussi le document le plus ancien connu où apparaît un nombre écrit selon le principe

de la numération de position. En l'occurrence, il s'agit du nombre 14 236 713 tel que nous l'écririons aujourd'hui [...] Les chiffres de 1 à 9 ont été inventés en Inde avant notre ère. Avec l'addition du zéro au V^e siècle, et en utilisant la base décimale, la numération indienne de position franchit une nouvelle étape décisive. Désormais, les dix figures qui nous sont familières, autant que les doigts des deux mains, suffisent pour représenter tous les nombres du monde.

“ Pour Leucippe, le vide est nécessaire pour permettre tout mouvement »

Le vide fit son entrée dans la science avec le développement de la théorie de l'atomisme. [Le Grec] Leucippe (vers 500 av. J.-C.) fut non seulement le premier à émettre l'idée que

BIO EXPRESS

Trinh Xuan Thuan

1948. Naissance à Hanoï (Viêt-Nam).

1974. PhD en astrophysique après études au California Institute of Technology (Caltech) et à l'université de Princeton (États-Unis).

1976. Professeur d'astronomie à l'université de Charlottesville, Virginie (États-Unis).

1988. Écrit *La Mélodie secrète* (Fayard), best-seller qui le rend célèbre auprès du grand public.

2011. Écrit *Le Cosmos et le lotus* (Albin Michel).

2013. Écrit *Désir d'infini* (Fayard).

2014. Chevalier de la Légion d'honneur.

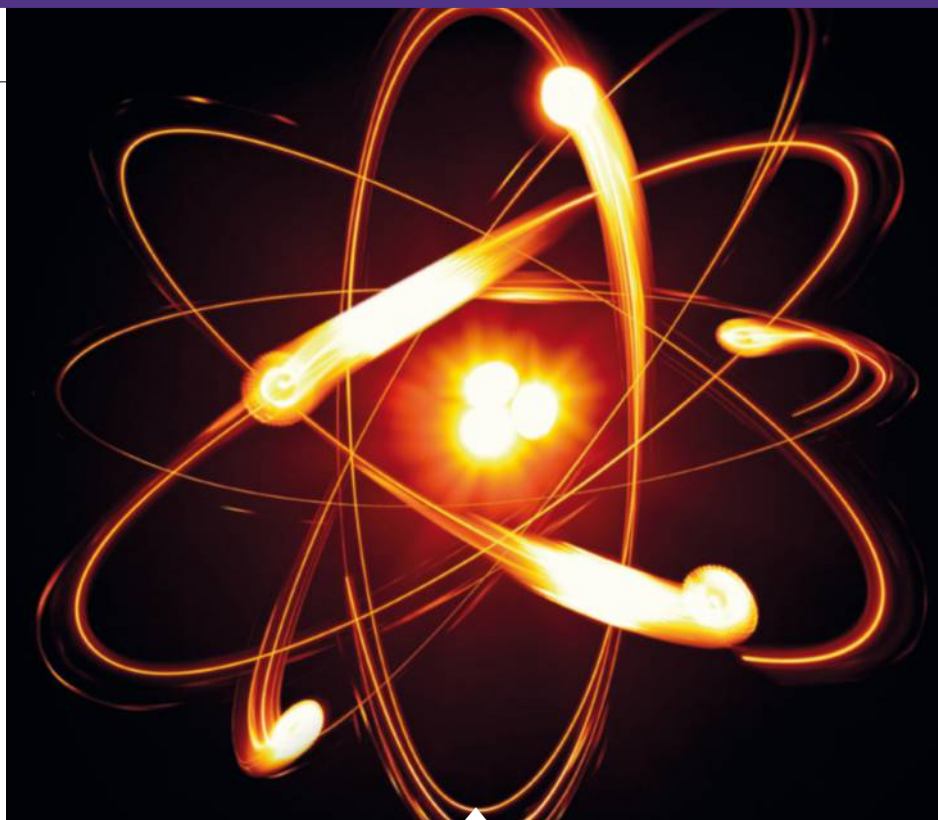
la matière était composée d'unités fondamentales indivisibles appelées « atomes » (en grec *atomos*, insécable), mais aussi à prendre au sérieux l'idée d'un espace vide au sein duquel les atomes pouvaient évoluer. Selon lui, ce vide était nécessaire pour permettre tout changement ou tout mouvement. [...] Le philosophe atomiste passa le flambeau à son élève Démocrite (vers 460-370 av. J.-C.), qui reprit et développa l'idée d'un Univers de taille infinie et constitué d'espace vide, habité par des particules solides et indivisibles, de formes et de tailles différentes, toutes en mouvement. Plus tard, le poète latin Lucrèce (vers 98-55 av. J.-C.), grand chantre et vulgarisateur de l'atomisme [reprit cette notion de] nécessité du vide dans son magnifique poème cosmologique *De la nature des choses*.

“ **Le volume de l'atome est vide à 99,99999999999999 %** »

Nous savons aujourd'hui qu'un noyau atomique n'occupe qu'un millionième de milliardième (10^{-15}) du volume de l'atome. En d'autres termes [...] un noyau dans un atome est comparable à une bille d'un centimètre dans un stade d'un kilomètre de longueur. Tout le reste de l'atome n'est que de l'espace vide occupé çà et là par des nuées d'électrons sans cesse en mouvement. Parce que 99,99999999999999 % du volume de l'atome est vide, nous pouvons dire que la matière est du « presque-vide ». [...] Ainsi, les objets solides qui nous entourent et qui font la beauté et la complexité du monde, nos meubles, les pétales d'une rose, les *Nymphéas* de Monet ou les statues de Rodin, tout cela n'est que du presque-vide.

“ **L'Univers est habité en permanence par des champs divers** »

L'espace n'est pas vide. Nous vivons en permanence baignés dans un océan d'ondes électromagnétiques. Ce sont ces ondes qui véhiculent nos programmes favoris de radio et de télévision de la station émettrice à notre domicile, qui nous permettent d'envoyer presque instantanément des messages SMS à n'importe quelle personne sur le globe. Ce sont elles aussi qui entretiennent la vie sur notre planète en transportant la chaleur et l'énergie du Soleil à la Terre. Nous appelons cet océan d'ondes un « champ électromagnétique ». La notion de champ a été introduite au XIX^e siècle par le physicien anglais Michael Faraday



Un noyau, à bonne distance duquel tournent des électrons, mais surtout du vide : c'est ainsi que se présente l'atome.

[...] En introduisant le concept de champ, Faraday et Maxwell ont indissolublement lié le vide de l'espace à la matière qui l'habite. Ce faisant, ils ont déclenché une véritable révolution dans notre façon de concevoir le monde. Après avoir dominé la pensée occidentale pendant quelque trois cents ans, la vision classique newtonienne d'un Univers mécaniste, doté d'un espace vide, et traversé de temps à autre par des particules matérielles solides et insécables [...] a laissé la place au concept d'un Univers avec un espace non plus vide, mais habité en permanence par des champs divers et variés qui dictent le mouvement des corps.

“ **Les contraires sont complémentaires** »

Les fondateurs de la mécanique quantique étaient conscients des parallèles qui peuvent exis-

ter entre la vision du réel de la mécanique quantique et celle des traditions spirituelles orientales. Au cours d'un voyage en Chine en 1937, après la formulation de son principe de complémentarité, Niels Bohr a été profondément impressionné par le concept taoïste des pôles opposés, le yin et le yang, qui façonnent le réel. Dix ans plus tard, quand le physicien a été fait chevalier par le roi du Danemark pour ses contributions scientifiques, il a choisi pour blason le symbole représentant le couple yin-yang et pour devise : *Contraria sunt complementa* (« les contraires sont complémentaires »). Comme l'aspect onde est complémentaire de l'aspect particule, et la notion de plein de celle de vide, la vision du monde dérivant de la spiritualité (la spiritualité orientale ici) est complémentaire de celle élaborée par la science. [...] La science et la spiritualité constituent des magistères différents, comme l'a justement remarqué le biologiste américain Stephen Jay Gould, et nul n'est besoin de les synthétiser ou de les faire concorder. ■ © Albin Michel

« **Les fondateurs de la mécanique quantique étaient conscients des parallèles existant entre sa vision du réel et celle des philosophies orientales** »

Space X embarque la Nasa vers Mars

La société privée d'Elon Musk et l'agence spatiale américaine unissent leurs forces pour la conquête de la planète Rouge.

LE 26 JUILLET A ÉTÉ DÉVOILÉ l'accord qui lie la Nasa à Space X. En avril, la société d'Elon Musk avait en effet annoncé qu'elle projetait de poser sur Mars, dès mai 2018, sa capsule automatique Red Dragon, dérivée de la Crew Dragon développée pour la Nasa afin de desservir la Station spatiale internationale. Cette mission inaugurale devrait être suivie par deux autres, en 2020 et en 2022, par le Transporteur colonial martien (MCT), dont l'architecture sera dévoilée fin septembre au Congrès international d'astronautique (IAC) de Guadalajara (Mexique.) Si tout se déroule comme prévu, un équipage foulera le sol martien en 2024.

Les ambitions du trublion américain du spatial sont une aubaine pour la Nasa, dont les programmes de vols habités végètent. Pas de chèque en blanc pour cet accord, mais un « prêt » de personnels qualifiés, soit l'équivalent de 32 millions de dollars sur plus de quatre

ans — dix fois moins que ce que Space X déboursait pour son ambitieux projet — et l'accès aux antennes du réseau d'écoute de l'espace profond pour communiquer avec ses futures capsules Dragon.

La Nasa gagnerait 10 ans sur ses projets martiens

Pour poser ces engins de 8 à 10 tonnes, Musk compte utiliser la technique de rétropropulsion supersonique, déjà mise en œuvre pour récupérer une partie du lanceur Falcon 9 de Space X, une idée qu'avait également envisagée la Nasa. Grâce à Musk, l'agence américaine va sans doute gagner une décennie sur ses projets de vol habité vers la planète Rouge. Ses spécialistes vont également fournir à Musk une sélection de sites où se poser. En échange, la Nasa aura accès aux données collectées par Space X lors des atterrissages, qui seront autant de premières pour l'humanité. ■ **Sylvie Rouat**

[@Sylvie_Rouat](#)



La capsule Red Dragon devrait se poser sur Mars dès mai 2018 (vue d'artiste).

Le Théorème de la fourmi géante



John M. Henshaw, Belin,
238 p., 19 €

Pour les trouver noir sur blanc, il faut feuilleter les ouvrages de mathématiques, mais pour en saisir la portée, il suffit de regarder le monde. Les équations sont à l'œuvre partout dans notre quotidien. Elles permettent d'estimer le nombre de manifestants, d'évaluer la hauteur des vagues, et de comprendre pourquoi les fourmis géantes ne peuvent exister... Cinquante-deux d'entre elles se trouvent ici

exposées — les essentielles côtoient quelques-unes plus anecdotiques comme la formule du QI. Chacune est accompagnée d'une histoire qui ouvre sur de nouveaux horizons. ■ **A. Kh.**

Comment on fait pipi dans l'espace ?

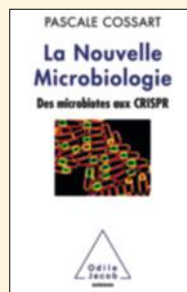


Pierre-François Mouriaux,
Fleurus, 48 p., 8,90 €

Pourquoi flotte-t-on dans l'espace ? Comment y respirer ? Qu'est-ce que la Station spatiale internationale ? Comment y prend-on sa douche ? En une série de questions simples et ludiques, l'auteur amène son jeune lecteur à voyager dans l'espace, à découvrir le quotidien des astronautes dans l'ISS, à revivre les missions lunaires Apollo ou à se projeter dans les futures expéditions vers Mars. Un

petit manuel très clair qui répondra aux questions des astronautes en herbe. À partir de 8 ans. ■ **S. R.**

La Nouvelle Microbiologie



Pascale Cossart, Odile Jacob,
255 p., 23,90 €

Ces dernières années, deux découvertes ont totalement modifié la face de la microbiologie moderne. D'abord, la prise en compte de l'importance des bactéries que nous hébergeons, le microbiote. Ensuite, la mise au point d'un outil d'édition génomique extraordinaire emprunté aux bactéries, CRISPR-Cas9. Professeure à l'institut Pasteur et spécialiste des bactéries pathogènes, la biologiste Pascale Cossart revient sur ces deux séismes scientifiques dont nous n'avons pas fini d'entendre parler. ■ **H. R.**

La part de Neandertal en nous

Allergies, obésité, addictions... La découverte qu'un peu de notre génome est hérité de Neandertal donne lieu à de multiples spéculations sur le rôle de ces « variants génétiques ». Entre fantasmes et hypothèses sérieuses, décryptage.

Par Rachel Mulot

LA BEAU S'ÊTRE ÉTEINT il y a près de 40 000 ans, l'homme de Neandertal n'a pas totalement disparu. Un petit pourcentage de son ADN niche encore au cœur de nos cellules. Si les Africains sont dépourvus de cet héritage préhistorique (voir l'arbre p. 46), de 1 à 4 % des gènes des Eurasiens (peuples d'origine européenne et asiatique, dont les Américains) proviendraient ainsi de ces lointains cousins. « Cela semble peu, mais c'est énorme ! Aujourd'hui encore, on a tous en nous quelque chose de Neandertal. C'est touchant, non ? », s'émeut le généticien Svante Pääbo, qui a piloté en 2010 le décryptage du génome d'*Homo neanderthalensis* à l'Institut Max-Planck d'anthropologie évolutionniste de Leipzig (Allemagne).

Un premier choc a été d'admettre — non sans mal pour beaucoup — que nos ancêtres modernes *Homo sapiens*, une fois sortis d'Afrique, s'étaient hybridés à plusieurs reprises avec ces humains aux sourcils proéminents et à la silhouette trapue, le scénario de ces échanges sexuels entre les deux espèces se précisant encore très récemment. Mais la découverte a surtout donné naissance ces dernières années à de multiples spéculations sur les effets que ces « variants génétiques » pour-

raient avoir encore aujourd'hui sur nos caractéristiques physiques, notre comportement ou les maladies qui nous touchent. Qu'il s'agisse de la couleur de peau, des allergies, du métabolisme des graisses... Neandertal

Les traits influencés par Neandertal

PISTES SÉRIEUSES

Peau, cheveux
 ▶ Kératine, cheveux et peau plus résistants
 ▶ Peau, susceptibilité accrue aux lésions précancéreuses

Nodules lymphatiques

▶ Système renforcé
 ▶ Allergies

Estomac

▶ Résistance à la famine
 ▶ Tendance à l'obésité

PISTES SPÉCULATIVES

Cerveau
 ▶ Troubles de l'humeur

Cœur
 ▶ Cicatrisation facilitée/hypercoagulation

Reins
 ▶ Tendances aux problèmes urinaires

Certains gènes de Neandertal, relatifs notamment à la peau, au système immunitaire ou au métabolisme, sont fréquemment retrouvés chez les hommes modernes. Utiles au paléolithique, ils se révèlent plus ambivalents à l'ère industrielle.

a quitté la rubrique paléontologique pour intégrer celle de la santé, avec des raccourcis « tapageurs » lus sur les blogs ou dans certains articles : le cousin jugé sauvage serait ainsi responsable de l'obésité, de l'addiction à la nicotine et même... de nos dépressions ! Entre fantasmes et hypothèses sérieuses, que disent les articles scientifiques qui ont exploré la part de Neandertal en nous ? Quelles sont les recherches en cours et les pistes ? Qu'est-il important de retenir ?

► Les gènes de Neandertal ont eu du mal à s'installer et à durer

Il n'a pas été facile pour notre cousin préhistorique de transmettre ses gènes à la postérité ! Le premier séquençage d'ADN d'un mâle néandertalien — après ceux de 5 femelles — a en effet montré que ceux de son chromosome Y n'étaient pas passés chez l'homme moderne. Comment expliquer cette particularité ? « Lors de l'hybridation des deux espèces, les femelles sapiens auraient pu avoir du mal à mener à terme les grossesses de garçons », suggère le généticien Fernando L. Mendez, de l'université de Stanford (États-Unis). À l'appui de cette théorie, le squelette néandertalien d'El Sidron (Espagne), vieux de 49 000 ans, porte en ►



▲
**Notre cousin
néandertalien** s'est
hybridé à plusieurs
reprises avec *Homo
sapiens*.

JOE MACNALLY

► effet des mutations immunitaires qui auraient pu provoquer des fausses couches chez les sapiens. « Les deux espèces étaient déjà au bord de l'incompatibilité biologique, et leurs enfants hybrides ont probablement souffert de taux élevés d'infertilité », commente David Reich, généticien des populations à la Harvard Medical School de Boston (États-Unis).

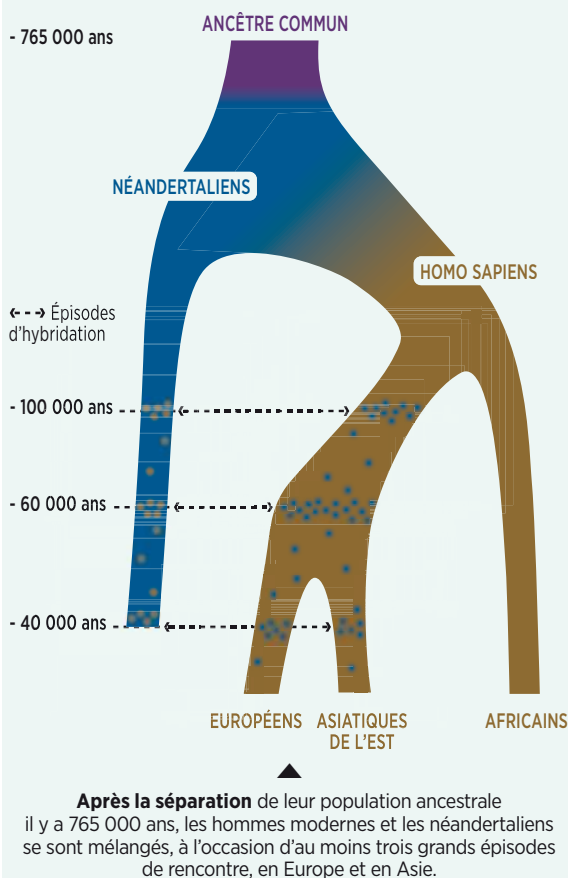
Pis, il y a eu une « contre-sélection » des gènes néandertaliens, ajoute la paléogénéticienne Céline Bon, du musée de l'Homme à Paris. Elle s'appuie sur une étude sino-américaine montrant une diminution du pourcentage d'ADN néandertalien dans le génome des hommes européens au cours du temps (de 6 à 2 % environ entre - 55 000 ans et aujourd'hui). « Soit il y a eu, à un moment donné, un afflux massif de gènes d'Homo sapiens non métissés venus d'Afrique qui se sont très largement croisés avec les H. sapiens déjà installés en Europe et métissés, soit il y a eu une "contre-sélection" des allèles [version variable d'un même gène]. Comme nous n'avons pas de trace du premier événement, nous sommes vraisemblablement en présence d'une élimination progressive des variantes géniques néandertaliennes. » Par ailleurs, les hommes modernes ont moins d'ADN néandertalien dans des zones essentielles du génome et plus dans des régions moins importantes, comme les séquences répétées. « Il y a donc une sélection qui élimine les allèles néandertaliens dans le génome d'Homo sapiens », ajoute la chercheuse. Peut-être parce que ces derniers ne leur étaient pas favorables ?



« Il y a une sélection qui élimine les allèles néandertaliens dans le génome d'Homo sapiens »

Céline Bon, paléogénéticienne au musée de l'Homme

Après la séparation, trois épisodes de métissage



► De 30 à 40 % de gènes sont hérités collectivement, et de 1 à 4 % individuellement

Si l'héritage peut sembler maigre à l'échelle individuelle (1 à 4 %), le puzzle devient plus impressionnant collectivement. « Si l'on met bout à bout tous les morceaux d'ADN néandertalien éparpillés dans les individus d'origine euro-

péenne ou asiatique, ce serait tout de même 20 % à 30 % du génome de Neandertal qui subsisterait dans les populations modernes », a calculé en 2014 le généticien Joshua Akey, de l'université de Washington à Seattle (États-Unis). Ce pourcentage monterait même « jusqu'à 40 % » selon David Reich, qui a cherché des allèles néandertaliens chez 1 004 personnes. Pourtant, ce serait une absurdité statistique que de mettre sur le dos de ce legs la dépression ou l'obésité de tous les hommes modernes qui souffrent de ces pathologies : « Chaque Eurasien peut en effet avoir hérité de portions différentes, et aléatoires, du génome de Neandertal », précise Joshua Akey.

► Certains traits génétiques provenant de Neandertal jouaient encore un rôle à double tranchant aujourd'hui

Les gènes hérités de Neandertal jouent-ils encore un rôle aujourd'hui ? Pour répondre à cette question, des équipes américaines, allemandes et chinoises ont scruté pendant deux ans (2014 à 2016) ceux qui étaient encore particulièrement fréquents chez les humains contemporains, donc supposément utiles. Elles en ont identifié une série impliquée dans le fonctionnement interne des kératinocytes, des cellules constituant la majeure partie de la couche externe de la peau et produisant les cheveux. « Il est tentant d'imaginer que les gènes néandertaliens, déjà adaptés aux climats froids d'Europe et d'Asie, auraient pu être utiles aux nouveaux arrivants venus d'Afrique », raconte le généticien Benjamin Vernot, de l'université de Washington à Seattle (États-Unis).

Des études montrent également que certaines séquences néandertaliennes jouent un rôle dans le métabolisme des acides gras et des protéines. « À l'époque gla-

Un héritage néandertalien variable selon les individus

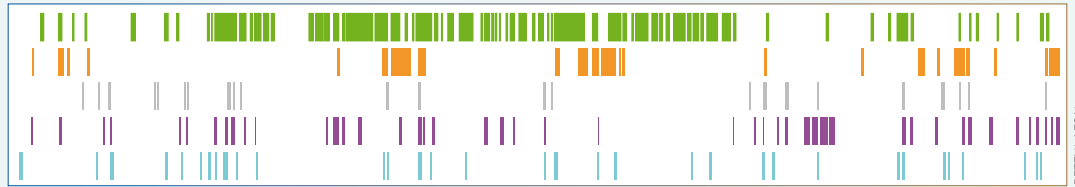
Le croquis ci-dessous illustre la portion d'ADN néandertalien recelée par cinq individus d'âges et d'origines géographiques différents. Les barres de couleur illustrent pour chacun d'entre eux la portion néandertalienne dans le chromosome 12 (non sexuel). Le premier est un hybride de Neandertal et *sapiens*, l'arrière-arrière-arrière-petit-fils d'un néandertalien. Des chercheurs

de l'université Harvard (États-Unis), de l'institut Max-Planck de Leipzig (Allemagne) et de l'Académie des sciences chinoise estiment « qu'il a hérité environ un dixième de son ADN et de gros morceaux de chromosomes d'un ancêtre néandertalien ». Les hommes d'Ust'Ihim et Kostenki sont des chasseurs-cueilleurs modernes. Seuls les Européens et les Asiatiques ont aujourd'hui une part d'ADN néandertalien.



▲ Cette mâchoire trouvée à Oase, en Roumanie, appartenait il y a 40 000 ans à un métis de Neandertal et de *sapiens*.

Métis d'Oase (Roumanie, 40 000 ans)
 Homme moderne d'Ust'Ihim (Sibérie, 45 000 ans)
 Homme moderne de Kostenki (Russie, 37 000 ans)
 Chinois actuel
 Français actuel



ciaire, cela permettait aux néandertaliens de se ménager des réserves de graisse », explique Joshua Akey. Mais la médaille aurait-elle son revers ? « Aujourd'hui, ces traits archaïques induisent peut-être certaines maladies de peau ou favorisent l'obésité de certains hommes modernes. » Bref, ce qui fut favorable au paléolithique pourrait être devenu un inconvénient dans un environnement industriel. Une conclusion à laquelle aboutissent deux études centrées sur certains gènes du système immunitaire, l'une française conduite par l'Institut Pasteur, l'autre allemande pilotée par l'institut Max-Planck (2016). « Porter l'allèle néandertalien améliore la résistance aux pathogènes, mais également aux allergies », résume Céline Bon.

► Pour autant, il ne faut pas en exagérer la portée

Certains chercheurs n'hésitent pas à aller plus loin. Une étude internationale parue en

février 2016 a comparé l'ADN de Neandertal dans les génomes de 28 000 patients d'ascendance européenne avec leurs dossiers cliniques. « Elle confirme que cet héritage génétique archaïque a un impact subtil mais significatif sur la biologie humaine moderne », assure le généticien Tony Capra, de l'université Vanderbilt à Nashville (États-Unis), qui n'hésite pas à évoquer « l'ombre de Neandertal sur nous ». « Nous avons découvert des associations avec un large éventail de traits, y compris immunologiques, dermatologiques, neurologiques et psychiques. » C'est à partir de cette lecture d'un catalogue de gènes associés de plus ou moins près à des maladies que Tony Capra et ses coauteurs ont suggéré que porter une part d'ADN néandertalien pourrait avoir un lien avec notre addiction à la nicotine ou nos dépressions. Sérieusement ? Céline Bon tempère. Pour elle, ces travaux « ne permettent pas de dire s'il s'agit de

20 à 30 %

du génome de Neandertal subsiste dans la population actuelle (si l'on additionne tous les gènes néandertaliens que se partagent les individus).

gènes néandertaliens qui diminuent notre « aptitude » à affronter notre environnement moderne et n'ont pas encore été « nettoyés » par la sélection naturelle ; ou s'il s'agit de gènes qui amélioreraient nos capacités de résistance dans un milieu de chasseurs-cueilleurs avec des périodes de disette et en l'absence d'hygiène, par exemple, mais deviennent néfastes dans l'environnement d'aujourd'hui. » Pour la chercheuse, l'étude aurait été convaincante si elle avait mené avec un indispensable test statistique : comparer ces allèles néandertaliens aux allèles modernes responsables de maladies et démontrer leur sur-représentation. « C'est curieux, on dirait que l'on a voulu mettre en avant une part barbare et comme maudite héritée de notre passé archaïque ! », s'amuse-t-elle. Le procès fait à Neandertal est loin d'être clos, et il faudra d'autres études pour révéler exactement de quelle façon notre ancêtre nous imprègne. ■

@RachelFleaux

Le musée du Quai-Branly s'est ancré au bord de la Seine

Inauguré il y a dix ans, cet établissement atypique a su évoluer pour répondre aux critiques qui avaient accompagné sa naissance, tout en s'affirmant comme un centre de recherche influent. Avec 1,3 million de visiteurs par an, le succès est au rendez-vous.

LES FOUGÈRES, magnolias et bambous ont follement poussé. Sur quelques dizaines de mètres, entre le large trottoir parisien et le hall d'entrée, le jardin extraordinaire du musée du Quai-Branly-Jacques-Chirac offre aux visiteurs un intermède exubérant. Le musée lui-même affiche une santé presque aussi insolente. Depuis qu'elle a pris racine il y a dix ans, l'institution ne cesse en effet de se renforcer.

Qu'on se souvienne des critiques qui accompagnèrent sa naissance en 2006. « *Musée des illusions* », « *miroir aux alouettes* »... Le nouveau musée « des arts et civilisations d'Afrique, d'Asie, d'Océanie et des Amériques » fut vertement accueilli par de nombreux ethnologues et muséographes, qui lui reprochaient un parti pris esthétique au détriment de la science et une vision passéiste des cultures qu'il était censé faire dialoguer. Voulu par le président de la République Jacques Chirac, encouragé par son ami le marchand d'art Jacques Kerchache — décédé depuis —, le Quai-Branly s'est construit sur les cendres du Musée national des arts d'Afrique

300 000 œuvres
des quatre continents
(hors Europe)
et 710 000 photos.



3500
œuvres
exposées en
permanence.

331 universités
populaires et
600 manifestations
scientifiques

et d'Océanie, devenu le Musée national de l'histoire de l'immigration, et sur celles du musée de l'Homme, alors moribond avant sa rénovation et sa réouverture en septembre 2015. Sous le feu nourri des critiques, le Quai-Branly récupère 300 000 pièces provenant des fonds de ces deux institutions, qui se sentent injustement dépossédées. L'anthropologue américaine Sally Price lui reprocha dans un livre sévère * de présenter « un autre lointain et fantasmé ».

Un musée « traditionnel » au dynamisme remarquable

« Le concept de départ était suranné. Il s'agissait de valoriser d'autres cultures à partir de notre patrimoine national. On a ainsi figé ces cultures, annihilant l'histoire même des objets présentés, analyse Fabrice Grognet, ethnologue au musée de l'Homme et fin observateur des débats sur les musées ethnographiques. Le fait qu'il n'y ait pas de contextualisation relevait du contre-sens pour moi. Notre passé colonial non assumé est le grand refoulé des musées. » C'est surtout la collection permanente qui est placée

sous le feu des critiques, accusée de refléter le regard de l'homme occidental sur ses « *semblables non semblables* ». En 2006, le « *dialogue des cultures* » — tant revendiqué par les promoteurs du musée — semble se faire à sens unique. Une critique qui perdure, même si elle est tempérée par Fabrice Grognet: « *En France, nous avons effectivement du mal à travailler avec les communautés constituées en tant que telles, contrairement aux Anglo-Saxons chez qui un musée sur les Indiens, par exemple, se fera en collaboration avec les Indiens. Rappelons que l'exposition sur les Maoris en 2011 a pu se faire uniquement parce que l'État néo-zélandais était d'accord ! On peut regretter cette prudence, mais c'est un garde-fou politique pour que le musée ne soit pas pris en otage. Le Quai-Branly est un musée républicain, traditionnel dans le sens de la neutralité. Aujourd'hui, son dynamisme est remarquable.* »

Le 1,3 million de visiteurs annuels — par comparaison, l'Institut du monde arabe a dépassé le million pour la première fois en 2014 — plaide désormais la cause de cet établissement atypique



DUFFOUR / ANDIA - JACQUES DEMARTHON / AIP - PIERRE OLIVIER DESCHAMPS / FIGARO PHOTO



qui assume ses choix même s'il a su évoluer. « *Le musée n'est pas conçu pour que le visiteur déambule de salle en salle pendant qu'on lui démontre des choses. Nous voulons stimuler l'intelligence. L'esthétique reste une porte d'entrée* », résume Yves Le Fur, directeur du département du Patrimoine et des Collections. Qui revendique également l'anonymat des œuvres : « *Ces sculptures sont ainsi "libérées" du poids de leur auteur. Cela va à l'encontre du culte que l'Occident voue à la personnalité de l'artiste depuis l'époque romantique. Mais c'est justement le génie de ces œuvres que de pouvoir garder leur puissance expressive où qu'elles soient exposées. Elles demeurent autonomes et, intuitivement, le public le ressent.* » Désormais, 500 objets sont changés chaque année pour renouveler la curiosité des visiteurs et une réflexion est menée autour de la contex-

▲
En dix ans, la végétation aux abords du musée s'est épanouie (à gauche). La réussite des grandes expositions, comme celle sur les Maoris en 2011 (au centre), a contribué à faire taire les critiques initiales, tandis que le rôle scientifique de l'établissement (à droite, le cabinet des fonds précieux) n'a cessé de s'affirmer.

tualisation des œuvres « *car une enquête nous montre que le public veut en connaître l'usage, poursuit Yves Le Fur. Un usage que nous ignorons souvent nous-mêmes s'il n'a pas été documenté par les ethnologues ! Nous avons par exemple 26 000 objets d'Asie dont nous ne connaissons pas le sens.* »

Subventions publiques et logique d'entreprise

C'est aussi et surtout à travers ses nombreuses et originales expositions temporaires que le musée a répondu aux critiques : on en compte 97 depuis dix ans, conçues par 137 commissaires dont plus de la moitié sont extérieurs au musée. Ainsi, « *Exhibitions, l'invention du sauvage* » (2011) décryptait la mise en scène de l'altérité. Le Quai-Branly développe aussi des travaux qui sonnent comme une réponse aux reproches : des recherches se concentrent

désormais sur la matérialité des objets, longtemps délaissée au profit du conceptuel, ce qui permet enfin de dater certaines statues africaines ou de découvrir l'origine des matériaux qui les constituent... Aidé par un budget confortable (dont les subventions publiques représentent 77 %), le Quai-Branly fonctionne aussi avec une logique d'entreprise, externalisant les prestations et recueillant des fonds à l'extérieur. Avec le temps, son rôle scientifique est devenu incontournable : une dizaine de colloques internationaux ouverts au public ont lieu chaque année, auxquels s'ajoutent des conférences, des universités populaires, d'innombrables événements culturels... Une rencontre internationale intitulée « *10 ans après* » est d'ailleurs organisée les 29 et 30 septembre et examinera les réalisations et les questions rencontrées au cours de cette décennie. Comme si le péché originel, le concept ambigu toujours perceptible dans les collections permanentes, l'obligeait à se réinventer en permanence. ■

Sylvie Briet

« Nous voulons stimuler l'intelligence [du visiteur]. L'esthétique doit rester une porte d'entrée »

Yves Le Fur, directeur du département du Patrimoine et des Collections du Quai-Branly



* Au musée des Illusions, Denoël.

Laurent Bruxelles, géomorphologue

L'homme qui fait parler les grottes

Ce spécialiste de la formation des cavités souterraines, qui a notamment réussi à donner un âge au célèbre hominidé Little Foot, poursuit sa recherche de nouveaux berceaux de l'humanité en Afrique.

L PARLE DE STALAGMITES, de stalactites, d'infiltrations, de dissolution, d'uranium... Et l'on est aussitôt captivé ! Avec Laurent Bruxelles, la moindre fissure amorce un vertigineux voyage dans la croûte terrestre, lorsqu'il y a des milliards d'années les stromatolithes (1) commencèrent à fixer le CO₂, créant peu à peu affleurements calcaires et dolomies (2), ses passions ! Pas un paysage d'Afrique, continent où il se rend plusieurs fois par an depuis ses chères Cévennes, qu'il ne sache décrire par le menu depuis l'époque des algues unicellulaires. Mais il pourrait en faire tout autant pour les massifs calcaires de Chine ou les formations superficielles du Larzac. « *Ce que j'aime, c'est faire parler les karsts* (3) », sourit cet homme de 45 ans, qui s'amuse encore d'avoir reçu en 2015 la médaille de bronze du CNRS récompensant « *un début de carrière prometteur* ». Il faut dire que Laurent Bruxelles a pris son temps. À l'entendre, son parcours est même aussi tumultueux que celui du rio Negro rencontrant le Solimoes avant de devenir l'Amazonie ! Comptabilité, droit... À 21 ans, il réalise qu'il s'est peut-être égaré, n'étant destiné ni au costume-cravate ni à la robe

BIO EXPRESS

1970 Naissance à Montpellier.

2002 Intègre l'Institut national de recherches archéologiques préventives (Inrap).

2010 Président de l'Association française de karstologie.

2014 Codirecteur du pôle Afrique à l'unité mixte de recherches Traces, CNRS/université Jean-Jaurès, Toulouse.

2015 Médaille de bronze du CNRS.

d'avocat. Car une seule chose l'intéresse vraiment : les coupes géologiques. Il entame alors un virage à 180 degrés pour bifurquer vers les disciplines scientifiques et tout reprendre à zéro.

Aujourd'hui géographe, géomorphologue, karstologue et géoarchéologue, Laurent Bruxelles aime à rappeler qu'il doit tout aux cours d'eau. C'est même grâce à eux qu'il a fini par devenir chercheur. Un engouement né quand, avec son jeune frère, l'explorateur en herbe remonte les rivières à la poursuite des paillettes d'or. À force, il découvre l'univers insoupçonné des grottes dans lesquelles elles se cachent. C'est le choc. Il en oublie les précieuses pépites et veut tout connaître de ces cavités mystérieuses. « *C'était plus fort que tout. Il fallait que je les compare* », raconte-t-il.

À traîner sous terre, il va aussi croiser d'autres « cavernicoles » : les archéologues et préhistoriens. Une passion qui sera donc finalement assouvie en intégrant l'Institut national de recherches archéologiques préventives (Inrap). Au fil des ans, ses connaissances des structures karstiques d'Europe, d'Iran ou de Chine, associées à celles qu'il possède sur les cavités préhistoriques du

sud de la France, le mènent tout droit aux collines de la Bloubank en Afrique du Sud. La région où sont concentrés les gisements d'hominidés du « berceau de l'humanité » classés au patrimoine mondial de l'Unesco : Kromdraai, Swartkrans, Drimolen...

La chute mortelle d'une petite australopithèque

C'est alors que le Britannique Ronald J. Clarke, découvreur avec le Sud-Africain Stephen Motsumi du célèbre australopithèque Little Foot, lui demande en 2007 de participer à la datation de ce fossile emblématique de la paléanthropologie mondiale. Une tâche ardue, personne n'étant parvenu jusqu'alors à démêler la façon dont s'enchâssaient les niveaux de sédiments du site. Mais Laurent Bruxelles réussit à décrypter l'inextricable remplissage de la grotte de Silberberg (Sterkfontein) où l'*Australopithecus prometheus* a été dégagé de sa gangue. Ce faisant, il livre l'âge véritable de Little Foot à l'aide de datations obtenues à partir d'analyses de quartz et d'une nouvelle technique géochimique dite de cosmogénie de Granger. Elles lui permettent d'expliquer dans quelles conditions la petite femelle australopithèque a



HELENE JAVET / SIGNATURES POUR SCIENCES ET Avenir

trouvée la mort il y a 3,67 millions d'années, après avoir fait une chute de 30 mètres depuis le haut de la colline. Ce qu'il décrira dans deux articles publiés par des revues dites de rang A, les meilleures publications scientifiques mondiales.

Depuis, Laurent Bruxelles sait comment identifier ces gisements tant recherchés par les paléontologues, susceptibles de receler des pièges géologiques riches en fos-

siles des plus anciens hominidés. « Il excelle à décrypter les paysages pour y découvrir des sites », dit de lui Dominique Garcia, le président de l'Inrap. Ses compétences n'ayant pas échappé à ses pairs, le chercheur français a même été invité à poursuivre ses travaux pendant deux ans en Afrique du Sud. Un déracinement que ses quatre enfants ont accepté avec enthousiasme... à condition que la nouvelle maison ne soit pas trop

« Il excelle à décrypter les paysages pour découvrir des sites riches en fossiles »

Dominique Garcia,
président de l'Inrap

loin de Johannesburg, la capitale ! De là, ils pourront trouver des activités de leur âge et, lui, organiser ses expéditions.

Des drones pour repérer les fissures du sol

Car Laurent Bruxelles en est convaincu, l'Afrique du Sud et l'Afrique de l'Est ne sont pas les seuls « berceaux de l'humanité » du continent. Sur le terrain, dès l'aube, c'est à l'aide de drones qu'il repère au sol les fissures des entrées souterraines grâce aux colonnes de vapeur qui s'y élèvent en direction du ciel. Nées des différences de température entre le sous-sol et la surface, elles signalent la présence de cavités qu'il lui reste ensuite à prospector. Ce qu'il effectue actuellement dans les régions karstiques des Aha Hills, en Namibie, en compagnie de collègues préhistoriens et paléontologues, mais aussi de chasseurs-cueilleurs San venus les rejoindre. « *Lorsque j'étais enfant, je rêvais de voyage et d'exploration... chose faite* », avoue humblement celui qui a également comme marotte, avec son épouse, de collectionner reptiles... et mygales. Une tout autre aventure ! ■

Bernadette Arnaud
@NarudaaArnaud

1) Structures rocheuses calcaires en forme de chou-fleur.

2) Formations géomorphologiques résultant de l'érosion de roches solubles carbonatées, dont essentiellement les calcaires.

3) Roches sédimentaires carbonatées.

Le tunnel vers l'inframonde du roi maya Pakal

Un mystérieux réseau de canaux souterrains vient d'être mis au jour sous le majestueux tombeau du souverain, le temple des Inscriptions de Palenque, au Mexique.

DES CONDUITS DE 60 CENTIMÈTRES de large serpentant du nord au sud sous l'une des pyramides mayas les plus célèbres : c'est ce qu'a découvert Arnoldo González, archéologue de l'Institut national d'anthropologie et d'histoire du Mexique, responsable des fouilles du temple des Inscriptions à Palenque, l'une des plus importantes cités mayas, dans le sud du Mexique. Cet édifice de 20 mètres de haut, qui abritait la sépulture du roi Pakal, aurait été délibérément construit au-dessus d'une source il y a 1400 ans. Selon les croyances de cette société complexe, les tunnels auraient permis à l'esprit du souverain d'être guidé dans le monde souterrain par un chemin symbolique afin de rejoindre l'inframonde. Les canaux, couverts d'un revêtement de trois couches de pierres, ont été détectés lors d'études du sous-sol par géoradar.

Ce n'est pas la première fois que le temple des Inscriptions révèle des surprises. La découverte de la sépulture royale de Pakal par l'archéologue mexicain Alberto Ruz Lhuillier, en 1952, avait ainsi permis de comprendre que les pyramides mayas étaient aussi des tombeaux. L'imposant sarcophage était apparu derrière la porte d'une crypte bâtie dans le soubassement du monument, obstruée par une lourde pierre triangulaire. Y reposait la dépouille du souverain, entouré de six victimes sacrifiées. Un extraordinaire dépôt d'offrandes, constitué d'un



BERNADETTE ARNAUD



masque de jade et de nombreuses parures, les accompagnait.

L'arbre de vie maya pris pour un vaisseau spatial

La pierre tombale était sculptée des principaux éléments de la mythologie maya, et les murs de la chambre funéraire, modelés en stuc, ornés des « Neuf Seigneurs de la nuit », gardiens des enfers et de l'inframonde. Un décor allégorique qui avait amené en 1968 l'auteur suisse Erich von Däniken à voir dans la gravure du couvercle funéraire un astronaute assis aux commandes d'un vaisseau spatial ! Les « flammes » étaient en réalité des représentations de l'arbre de vie maya, dont les racines plongent dans l'inframonde.

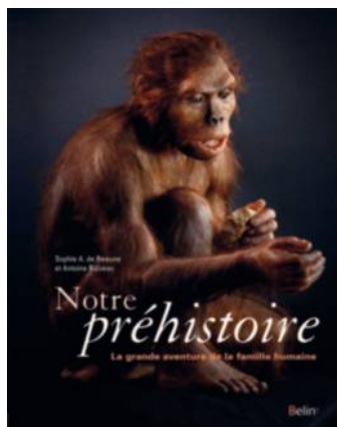
◀ ▼ **La pyramide à degrés** abritait la chambre funéraire de Pakal. Le tunnel creusé sous le tombeau aurait permis à son esprit de rejoindre le monde des morts.



Les sous-sols des pyramides mésoaméricaines intriguent de plus en plus les archéologues. En 2015, un *cenote* (cavité naturelle remplie d'eau) avait été détecté à 25 mètres sous la pyramide de Kukulcan (El Castillo) à Chichén Itzá, dans le Yucatán. Quelque temps plus tôt, un tunnel de 100 mètres de long, où avait coulé du mercure, avait été trouvé sous la pyramide du Serpent à plumes, à Teotihuacan (*lire S. et A. n° 805, mars 2014*). À Palenque, un robot devrait prochainement être envoyé dans les conduits du temple des Inscriptions pour en connaître la véritable géographie, car ceux-ci n'ont pu être encore entièrement explorés. ■

Bernadette Arnaud

@NarudaaArnaud



Thierry Hoquet, Seuil, 249 p., 18 €

Notre Préhistoire

Sophie A. de Beaune et Antoine Balzeau, Belin, 207 p., 29,90 €

C'est une histoire de famille, celle des hommes, la nôtre, que décrivent dans ce beau livre abondamment illustré les paléanthropologues Sophie A. de Beaune et Antoine Balzeau. Un ouvrage qui s'ouvre sur le constat que « *l'homme n'est plus ce qu'il était* », tant la paléanthropologie a connu de découvertes et d'avancées significatives au cours des dernières années. C'est cette longue marche et ses rebondissements que les deux spécialistes souhaitent raconter, en remontant aux prémices de cette extraordinaire aventure qui a débuté il y a environ 7 millions d'années, quand une nouvelle lignée de grands singes a fait ses premiers pas dans la savane africaine. Avant de donner naissance à au moins six genres et probablement plus d'une vingtaine d'espèces, dont *Homo sapiens* est l'actuel représentant. Très didactique, répondant à toutes les questions, *Notre préhistoire* est découpé suivant deux axes majeurs : le premier, consacré aux plus anciens hominidés jusqu'à l'émergence d'*Homo sapiens*, le second, dédié à l'histoire de l'homme moderne. Des origines à l'explosion artistique du paléolithique supérieur, toute l'odyssée de la famille humaine est proposée ici. ■ **Bernadette Arnaud**

ARTISTES FEMMES LA PARENTHÈSE ENCHANTÉE (XVIII^e-XIX^e SIÈCLES)

Séverine Sofio, CNRS éditions, 376 p., 25 €



Elisabeth Vigée-Lebrun, Constance Mayer ou Rosa Bonheur furent des peintres reconnues en leur temps. Pourquoi ont-elles bénéficié de l'intérêt de leurs contemporains ? Chargée de recherche au CNRS, Séverine Sofio répond en s'intéressant au contexte de production artistique entre 1750 et 1850. ■ **B. A.**

LA FRANCE EN TERRE D'ISLAM

Pierre Vermeren, Belin, 431 p., 23 €



Lors de la colonisation de l'Algérie, la France s'est trouvée dans la nécessité de réguler les relations entre les religions présentes sur ce territoire : l'islam, le judaïsme et le christianisme. Parfois difficile à suivre, mais très instructif, le livre décrit les politiques menées au cours des 130 années d'occupation. ■ **I. do'O.G.**

LE PRIX DU SALUT LES CHRÉTIENS, L'ARGENT ET L'AU- DELÀ EN OCCIDENT (III^e-VII^e SIÈCLE)

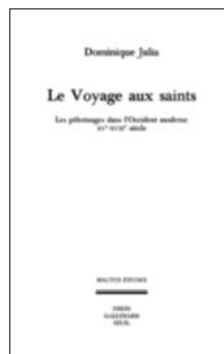
Peter Brown, Belin, 320 p., 23 €



Comment la conception chrétienne de l'au-delà s'est-elle forgée en Occident, au cours de l'Antiquité tardive ? Et comment l'argent s'est-il peu à peu imposé au sein de l'Église latine pour « racheter les âmes » ? C'est sur ce prix du salut que revient ici Peter Brown, l'« *un des plus grands et subtils historiens de notre temps* » selon Paul Veyne. ■ **B. A.**

Le Voyage aux saints

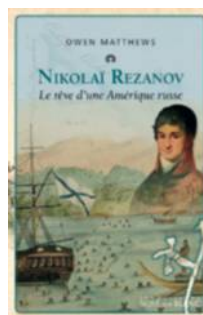
Les pèlerinages dans l'Occident moderne (XV^e-XVIII^e siècle)



Dominique Julia, coéditions EHESS, Gallimard et Seuil, 384 p., 25 €

Jérusalem, Rome, Saint-Jacques-de-Compostelle, le Mont-Saint-Michel... Depuis une trentaine d'années, ces routes et chemins connaissent un afflux croissant. Pour Dominique Julia, directeur de recherche au CNRS, « *cette fréquentation a redonné une visibilité au phénomène pèlerin dont on avait trop vite annoncé la disparition* ». Dans ce livre, le spécialiste d'histoire religieuse européenne revient sur l'origine de ces pratiques apparues au IV^e siècle, alors que les premiers chrétiens préféraient retrouver les « lieux saints », ceux des événements inscrits dans la Bible, dessinant ainsi une sorte de géographie sacrée. L'ouvrage « *s'attache surtout à retracer éclipses et recharges d'une pratique religieuse extraordinaire que l'institution ecclésiastique s'est efforcée de contrôler, sans y parvenir* ». Tout en essayant de retrouver, pour en comprendre les motivations, ce qui a poussé des hommes et des femmes à s'engager dans cette expérience spirituelle entre le XV^e et le XVIII^e siècle, ainsi que les itinéraires suivis. ■ **B. A.**

Nikolaï Rezanov, le rêve d'une Amérique russe



Owen Matthews, Noir sur blanc, 448 p., 24 €

Sur la côte californienne, perdus sur les falaises au nord de la baie de San Francisco, se tiennent un fort en bois, sa chapelle orthodoxe et un moulin. Plus au nord, la route 1 enjambe la Russian River et le Russian Gulch. C'est tout ce qu'il reste aujourd'hui des tentatives russes pour coloniser la Californie durant la première moitié du XIX^e siècle. Relatant cette histoire méconnue en France, ce livre prend pour figure centrale Nikolaï Rezanov, à la fois homme de cour et aventurier. C'est lui qui fit passer l'Empire russe de l'autre côté du Pacifique, d'abord en Alaska puis en Californie, rêvant de damer le pion aux Espagnols. Le récit commence d'ailleurs par rappeler combien étaient parallèles les impérialismes de l'Espagne au Nouveau Monde et de la Russie en Sibérie, la première gagnée par la fièvre de l'or jaune, l'autre par celle de l'« or doux », les fourrures. Si Rezanov finira par imaginer une quasi-utopie politique en Californie, la colonie tournera court. Les Russes partiront. Les Espagnols aussi... ■ **A. D.**

Un tour de France de la faune sauvage

Pour recenser les populations de lynx ou de loups vivant en France, les chercheurs sondent les forêts et les montagnes, aidés par tout un arsenal d'outils innovants. Ils comprennent ainsi de mieux en mieux les liens entre les animaux sauvages et leur environnement.

Par Loïc Chauveau

QU'IL EST COMPLIQUÉ DE SAVOIR combien d'animaux sauvages vivent à côté de nous ! Un printemps trop humide, des températures trop élevées, une espèce trop chassée... Qu'un seul de ces paramètres vienne à changer et le flux des naissances et des morts varie du tout au tout. L'espèce, jusqu'alors abondante, peut soudain être fragilisée. Sans compter le changement climatique, l'extension ou la destruction des habitats, la protection ou la prédation des hommes. Difficile dans ces conditions, pour la France comme pour les autres pays de l'Union, de répondre aux exigences des directives européennes de « rapportage » sur l'état des populations d'animaux sauvages. Pourtant, les scientifiques y parviennent, affinant même leurs méthodes. « *En trente ans, nous sommes passés des comptages d'animaux par observation aux jumelles à la compréhension des facteurs de variation d'une espèce d'une année sur l'autre. Aujourd'hui, nous sommes capables d'étudier les liens entre l'individu, son groupe*

1500

espèces de vertébrés

vivent sur le territoire métropolitain (357 espèces d'oiseaux et 187 de mammifères).

20% sont menacées

(dont 11 espèces de mammifères et 11 d'oiseaux).

3 espèces de mammifères

ont disparu ces dernières décennies en France (phoque noir, baleine des Basques, bouquetin des Pyrénées).

et l'environnement », se félicite Jean-Michel Gaillard, chercheur en biodémographie évolutive au CNRS, qui participait au colloque consacré à trente ans de suivi de la faune sauvage organisé au printemps dernier par l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS).

Pour y parvenir, les chercheurs réalisent toujours les traditionnelles captures d'animaux qui permettent de connaître l'état de santé de la population et d'en extrapoler le nombre. Mais celles-ci sont désormais renforcées par le marquage ADN : « *Prélever l'ADN d'un animal sauvage qui vous fuit ou qui peut être dangereux est évidemment compliqué. Aussi sommes-nous devenus des chasseurs de crottes* », s'amuse Carole Toïgo, à la direction de la recherche de l'ONCFS. L'analyse génétique de celles-ci, comme de tout autre résidu organique (poils...), caractérise en effet les individus, ce qui permet aux chercheurs de reconstituer les liens familiaux au sein des hardes ou des meutes. Elle donne par ailleurs des informations sur ce que les animaux man-

gent. Les chercheurs accèdent ainsi à une connaissance fine du succès reproductif d'une espèce, de son adaptation à un milieu changeant et enfin de sa dynamique de population. En voici cinq exemples.

LE LYNX : UNE ESPÈCE À SAUVER

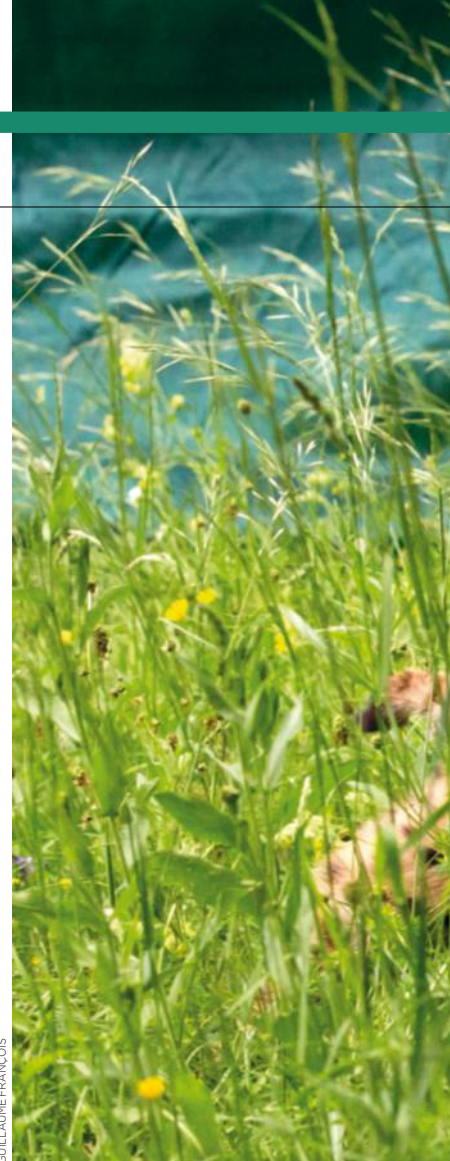
Population estimée : 90 individus

Répartition : Massif du Jura

Statut : en danger critique d'extinction

Elle file comme le vent, Noëlle. Pressée de retrouver les pentes du Jura, la femelle lynx d'un an fuse de la cage pour retrouver son environnement. Orpheline, récupérée blessée et en perdition lors de l'hiver 2015, elle est repartie requinquée en juin à la conquête de son espace natal.

GUILLAUME FRANÇOIS





Gilles Moyne, directeur de l'association Athenas, a cependant pris la précaution de lui cerner le cou d'une balise Argos. « *Nous allons pouvoir la suivre pendant un an* », se félicite ce soigneur d'animaux sauvages qui a participé au « relâchage » de quatre jeunes lynx au printemps. La balise est en effet l'un des moyens de suivre la dernière population de lynx vivant en France. Celle-ci est désormais estimée à 90 individus, tous issus d'animaux de souche slovène relâchés côté Suisse dans les années 1970. Grâce à cette balise, les chercheurs ont aussi pu établir que les femelles vivent sur un territoire de 100 kilomètres carrés quand les mâles en parcourent 800. Ces individus solitaires, fidèles à leur territoire, sont dits cantonnés. L'analyse des poils et des crottes retrouvés le long de

chemin parcourus régulièrement par les agents de l'ONCFS permet de distinguer chaque individu, les pièges photographiques les identifiant aussi grâce à des taches de pelage différentes.

Mais bien que les forêts du Jura regorgent de chevreuils et de petits rongeurs dont ils se délectent, ces carnivores sont toujours au bord de l'extinction. La faute aux accidents de la route et surtout aux braconniers. « *Ces derniers considèrent les lynx comme des concurrents pour la chasse au chevreuil, dont ils tuent pourtant peu d'individus* », dénonce Gilles Moyne. L'hiver 2015 a ainsi été particulièrement meurtrier pour ce félin strictement protégé. Outre Noëlle, 18 autres petits lynx ont été retrouvés abandonnés, signe que leur mère a été tuée. « *En six mois, un quart des femelles adultes*

Noëlle, une femelle lynx, a été relâchée en juin dernier dans le Haut Jura. Elle avait été retrouvée blessée après la mort de sa mère l'hiver précédent.

du Doubs et du Jura a disparu. Si ça continue, dans dix ans, il n'y aura plus de lynx en France », s'alarme Gilles Moyne.

LES GRANDS ONGULÉS : UNE PROLIFÉRATION À RÉGULER

Nombre d'animaux prélevés à la chasse en 2014 :

Cerf élaphe = 57 138

Chevreuil = 551 055

Sanglier = 585 587

Répartition : tous les massifs forestiers du territoire national

Statut au niveau français : non protégé (sauf le bouquetin)

En quelques décennies, cerfs élaphe, chevreuils, sangliers et les quatre espèces d'ongulés des montagnes (bouquetins, isards, mouflons et chamois) ont vu leurs effectifs augmenter dans des pro- ►

SURVEILLANCE

Des techniques de suivi innovantes

► LA « CAPTURE-MARQUAGE-RECAPTURE »

La technique consiste à capturer des animaux pour les marquer avec une boucle à l'oreille ou un collier. Les années suivantes, lors de nouvelles captures, les spécialistes calculent le ratio entre les spécimens déjà marqués et ceux qui ne le sont pas encore. Cette méthode donne l'évolution de la population sur le long terme.

► LES ANALYSES ADN

Elles permettent de déterminer l'espèce et les caractéristiques de chaque spécimen. Une information précieuse pour les espèces à petit effectif comme l'ours.

► L'ADN « ENVIRONNEMENTAL » (EDNA)

Certaines espèces sont si discrètes qu'elles en sont insaisissables, comme le vison d'Europe ou le putois. L'ADN peut être extrait d'échantillons biologiques laissés dans l'environnement (sol, eau, air) sans qu'il soit besoin de capturer l'animal.

► LE « META BARCODING »

La technique utilise la puissance des banques de données pour identifier dans les excréments non seulement l'espèce mais aussi ce qu'elle a mangé, grâce aux marqueurs génétiques des végétaux.

► COLLIER GPS ET BALISE ARGOS

Depuis le début du siècle, la géolocalisation a bouleversé les connaissances sur les habitudes d'espèces qu'on ne pouvait suivre auparavant qu'aux jumelles. Le satellite est devenu un outil essentiel pour les naturalistes.

A. ROUSE/WILDLIFE



Les grands herbivores comme le chevreuil ont proliféré, provoquant de nombreux dégâts.

► portions difficiles à évaluer. Ces grands herbivores profitent en effet de l'augmentation des surfaces boisées, qui ont doublé en vingt-cinq ans en France. Ainsi, l'aire de répartition du cerf est passée de 30 000 kilomètres carrés en 1985 à 74 000 km² en 2010. « *Les dégâts sur les zones forestières et agricoles, l'impact sur la biodiversité et la multiplication des collisions avec les voitures (en moyenne 30 000 par an) nous imposent de mieux comprendre comment les populations fonctionnent afin de mettre en place des plans de gestion* », explique Maryline Pellerin, de l'ONCFS.

Depuis les années 1970, les populations sont suivies grâce à la technique dite de la capture-marquage-recapture (*lire l'encadré ci-contre*) pratiquée dans neuf territoires expérimentaux représentatifs des milieux naturels français. Ces résultats sont extrapolés au territoire national, puis affinés dans chaque région par les tableaux de chasse. « *Aujourd'hui, le suivi des animaux s'est sophistiqué avec les colliers GPS ou VHF, les analyses sanguines et génétiques* », poursuit Maryline Pellerin. Les chercheurs ont ainsi établi que les chevreuils commencent à souffrir du réchauffement climatique lors de la période de mise bas en mai-juin, qui ne correspond plus au pic de croissance de la végétation dont les femelles se nourrissent. Affaiblies, elles fournissent plus difficilement du lait à leur petit.

LE LOUP : UN DÉLICAT ÉQUILIBRE À RESPECTER

Population estimée :

300 individus

Répartition : Vosges, Massif central, Pyrénées

Statut : espèce strictement protégée

« *Compter les loups, c'est comme chercher une aiguille dans une botte de foin tant ils évoluent sur de grands territoires*, explique Christophe Duchamp, du service Études et recherche de l'ONCFS. Aussi, nous mutualisons les énergies avec un réseau de 3100 observateurs formés qui s'étend au fur et à mesure de l'expansion du prédateur. » Absent du territoire national en 1992, le loup est désormais revenu en provenance d'Italie. Les spécialistes récupèrent les crottes et les poils laissés par les carnivores pour établir leur carte d'identité génétique, étudient les moutons et animaux sauvages attaqués (8935 ovins tués en 2015) et expertisent les photos prises par des particuliers. Les pouvoirs publics se doivent de préserver la sérénité des éleveurs tout en assurant la sauvegarde d'une espèce protégée au niveau européen. « *Nous évaluons les risques qu'a la population de loups de croître ou décroître selon le niveau de prélèvement [abattage] appliqué* », résume Christophe Duchamp. Pour ce faire, les chercheurs utilisent un modèle démographique qui croise la dynamique



CHRISTOPHE SIDAMON-PESSON / BIOSPHOTO

Empreinte de loup d'Europe dans la neige. Il y aurait en France plus de trente meutes.



ALAIN BALTHAZARD/BIOSPOTO

Autrefois abondante dans les plaines céréalières de Beauce ou de Normandie, la perdrix grise se raréfie.

de reproduction avec son expansion géographique. Ainsi, en 2015, 45 zones de présence permanente ont été identifiées pour 33 meutes. Le modèle permet aux pouvoirs publics de déterminer le plafond des abattages selon les régions. Entre juin 2015 et juin 2016, 18 des 36 abattages se sont produits dans les Alpes-Maritimes. Sans que l'on connaisse bien, pour le moment, l'impact sur les meutes qui y vivent.

L'OURS : UNE PRÉSENCE À RENFORCER

Population estimée : 30
Aire de répartition : les Pyrénées centrales et occidentales
Statut : espèce protégée

En 1996, deux femelles slovènes, Ziva et Melba, bientôt rejointes par un mâle, Pyros, étaient relâchées aux abords de Melles (Haute-Garonne), dans une région pyrénéenne qui avait perdu son dernier ours quelques années plus tôt. Vingt ans plus tard, ils sont trente à occuper ces pentes. Les effectifs sont suivis grâce aux observations visuelles, aux inspections pédestres régulières de l'ONCFS et aux pièges photographiques posés près d'arbres imprégnés



▲
Une trentaine d'ours prennent leurs aises sur le territoire pyrénéen.

EMMANUEL BERTHER/HEXIS.FR

LA PERDRIX GRISE : DES JEUNES À PROTÉGER

Population estimée : 800 000 couples
Répartition : plaines agricoles du nord de la France
Statut : espèce non protégée

C'est un patrimoine national qui disparaît ! La perdrix grise est en danger. Les comptages sont formels. En fin d'hiver, un réseau de chasseurs et d'agriculteurs parcourt les champs pour compter à vue les reproducteurs. Après la moisson, les spécialistes de la chasse estiment le nombre de jeunes nés au printemps. « C'est un oiseau très sensible à la météo, note Elisabeth Bro, spécialiste de l'espèce à l'ONCFS. À leur naissance, les poussins ne sont pas thermorégulés, il leur faut de la chaleur. » Autre particularité : les jeunes ne sont pas nourris par leurs parents. Ils attrapent eux-mêmes les insectes, rares certaines années. De plus, l'oiseau faisant son nid en bordure des champs de blé, il est victime de l'agrandissement des parcelles et des pesticides. « L'espèce peut remonter rapidement si les conditions lui sont favorables, explique Elisabeth Bro. Au sud de Chartres, sur un terrain d'étude, les densités sont passées de 5 couples par kilomètre carré en 2010 à plus de 30 en 2012. » ■

Énergies renouvelables : l'Allemagne fait la course en tête

CES DERNIERS MOIS, la France à travers la loi de transition énergétique (LTE) et l'Allemagne avec son Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) se sont donné des objectifs ambitieux de production d'énergies renouvelables. Dans les deux pays, l'accélération en faveur de l'éolien et du photovoltaïque est évidente. L'Allemagne planifie 2,5 gigawatts

(GW) par an de photovoltaïque et autant pour l'éolien terrestre jusqu'en 2035. La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) française donne un objectif pour 2023 de 20 GW de solaire et 26 GW d'éolien. Les projections pour 2030 sont issues des différents scénarios prospectifs français (Ademe, Ancre, RTE) et allemands. Les objectifs de réduction

de gaz à effet de serre ne doivent pas provenir seulement de la production d'énergies renouvelables. Grâce aux efforts d'économies d'énergie (isolation des bâtiments, baisse de la consommation de pétrole dans les transports), la France consommera 123 millions de tonnes d'équivalent pétrole en 2030 contre 151 millions en 2010. ■ **Loïc Chauveau**

Allemagne

357 000 km²

Population
(en millions d'habitants)
2015 80
2030 79

France

549 000 km²

Population
(en millions d'habitants)
2015 64
2030 67

27,18

17,94

Capacité de production (en gigawatts)

Éolien Photovoltaïque

5,76

0,87

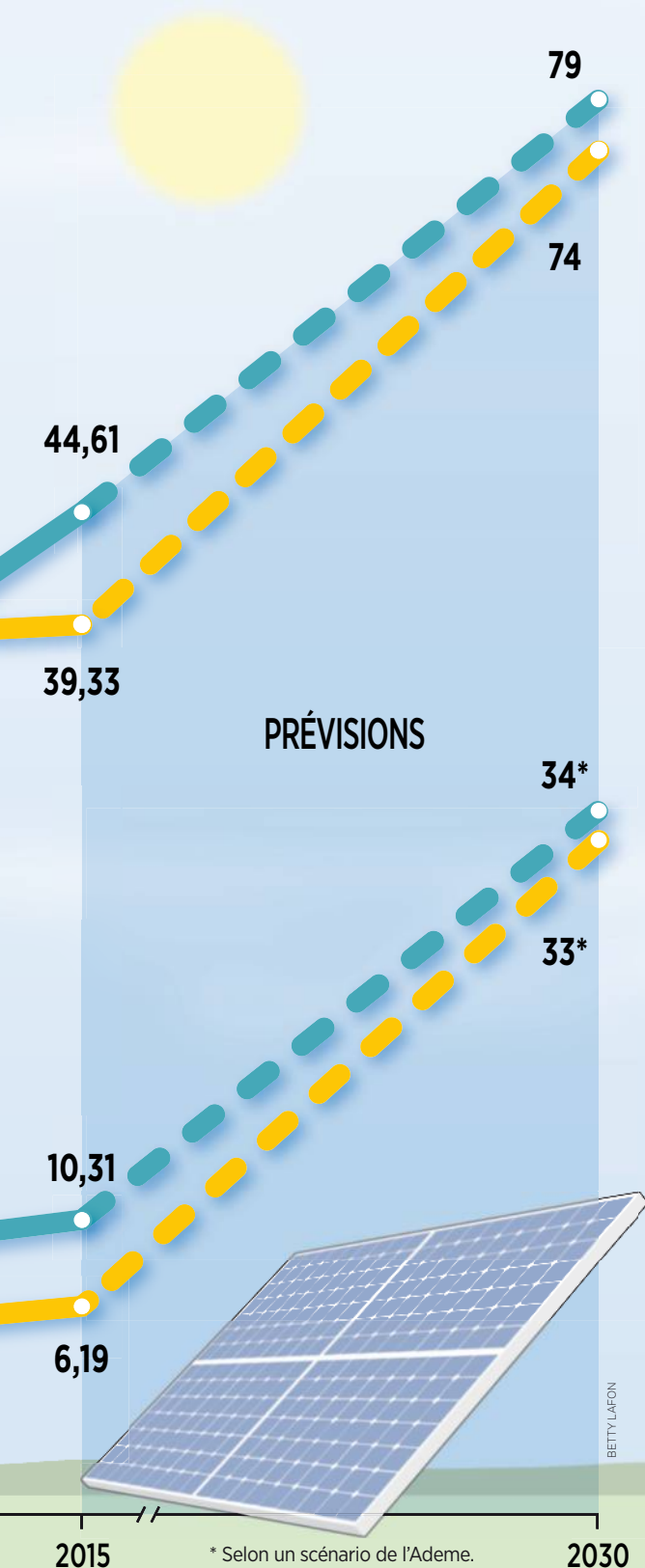
2010

2011

2012

2013

2014

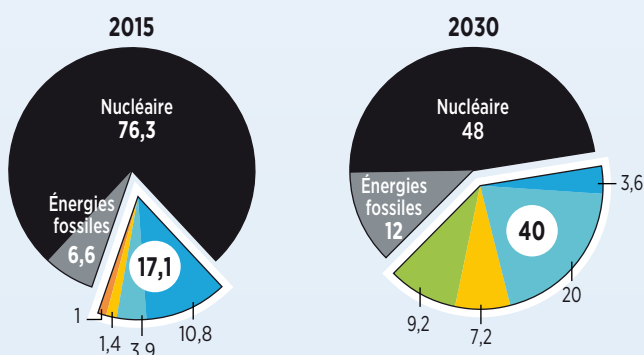


Les sources d'électricité en France et Allemagne (en %)

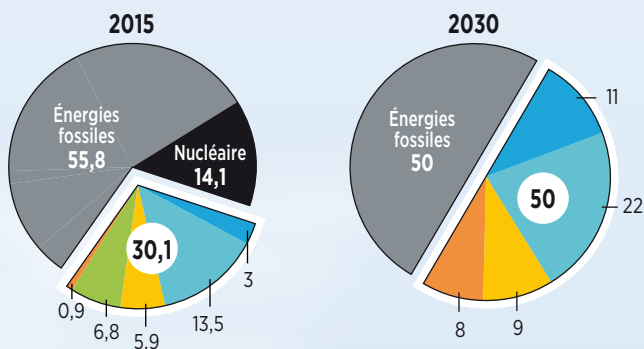
Énergies renouvelables

Hydraulique Éolien Photovoltaïque Biomasse Autres

OBJECTIF 2030 : RÉDUIRE LA PART DU NUCLÉAIRE

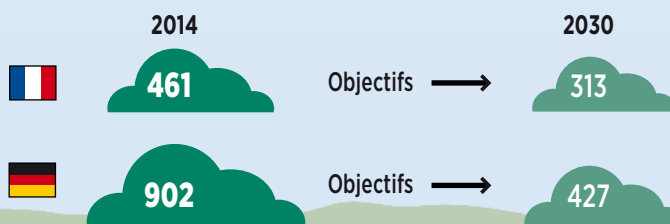


OBJECTIF 2030 : 50 % D'ÉNERGIES RENOUVELABLES



Dans les deux pays, la production d'électricité va connaître une révolution. L'Allemagne a programmé la fin de ses centrales nucléaires pour 2022. En France, la réduction de la part du nucléaire implique un effort très important des renouvelables pour éviter une utilisation accrue des énergies fossiles.

Moins d'émissions de gaz à effet de serre en 2030 (en millions de tonnes)



La COP21 est passée par là. France et Allemagne sont désormais tenus par un accord multilatéral de réduire drastiquement leurs émissions de gaz à effet de serre pour limiter la hausse mondiale des températures sous les 2 °C en 2100.



AMON & SMITH/UNIV. OF HAWAII

Un cnidaire ondule au-dessus des nodules polymétalliques de la zone de Clipperton, entre Hawaï et le Mexique.

Inquiétudes pour la corne d'abondance du Pacifique

L'exploration de la zone de fracture Clarion-Clipperton révèle une faune d'une richesse insoupçonnée. Or ses fonds renferment des ressources en minéraux qui intéressent l'industrie minière.

DES ÉPONGES, DES CORAUX, DES CRUSTACÉS, des mollusques, des poissons à foison. Entre 4000 et 5000 mètres de profondeur, les fonds de la zone de fracture Clarion-Clipperton (CCZ), située dans le Pacifique entre Hawaï et le Mexique, regorgent de vie. Les travaux de l'université de Hawaï publiés dans *Scientific Reports* le 29 juillet dernier soulignent le degré de méconnaissance de cette faune. Les chercheurs américains ont en effet effectué des prélèvements d'animaux en utilisant un robot sous-marin. « *La plus grosse surprise, c'est le nombre de nouvelles espèces trouvées, et le fait que plus de la moitié des espèces observées sont inféodées aux fonds où se trouvent des nodules polymétalliques, ces*

minéraux qui intéressent l'industrie extractive », relève Diva Amon, principale auteure de l'article. Les chercheurs ont dénombré plus de 200 morphotypes et, sur les douze espèces qui ont pu être remontées à la surface, sept sont inconnues de la science, quatre appartenant à un genre nouveau. Le taux d'endémisme semble donc très élevé.

34 milliards de tonnes de nodules polymétalliques

Les images montrent également une forte présence de xénophytophores, les plus grands organismes unicellulaires connus (certains atteignent 20 centimètres) qui représentent l'essentiel de la biomasse des plaines abyssales. Par ailleurs, les chercheurs hawaïens ont calculé une densité de 1,58 ani-

mal par mètre carré. Ces résultats confirment ceux du consortium européen JPI Ocean, parus eux aussi dans *Scientific Reports*, le 1^{er} juin, qui indiquent qu'il y a deux fois plus d'animaux sur les zones où se trouvent les nodules.

Si tant de bateaux croisent dans cette région reculée de 6 millions de kilomètres carrés, c'est que la CCZ constitue la zone maritime où se rencontre la plus grande masse de ces gros galets constitués de manganèse, de fer, de silicium, de nickel, de cuivre et de cobalt. Le potentiel minier est fabuleux. Le poids global des nodules dans la CCZ est estimé à 34 milliards de tonnes, dont 350 millions de tonnes de nickel et 275 millions de cuivre. L'Autorité internationale des fonds marins, créée en 1994 par l'ONU pour gérer ces espaces situés hors des zones maritimes des États, délivre depuis le début du siècle des permis d'exploration pour quantifier ces réserves minières et surtout évaluer la biodiversité de ces eaux. Car les études environnementales sont obligatoires avant toute exploitation du milieu. Or, celui de Clipperton se trouve être une véritable mine d'or... pour le vivant. ■

Loïc Chauveau

L'épopée de l'abeille porteuse d'eau

Des chercheurs américains ont révélé les stratégies développées par les butineuses pour rafraîchir une ruche lors de fortes chaleurs.

LORS D'UNE CANICULE, LA RUCHE se retrouve sous tension : pour éviter une hécatombe, il est absolument nécessaire que les butineuses chargées de la collecte et du transport d'eau augmentent la cadence. Comment gèrent-elles les situations d'urgence pour éviter à la colonie de mourir de soif ? Des chercheurs de l'université Cornell (Ithaca, États-Unis) se sont penchés sur la question.

Les ouvrières ont dû supplier pour avoir à boire

Tout d'abord, grâce à une lampe chauffante, ils ont augmenté la température à l'intérieur de la ruche. La chaleur est montée jusqu'à 40 °C, sans alerter les porteuses d'eau pour autant. Il a fallu que les ouvrières les supplient de leur donner à boire par des contacts répétés des antennes et en étirant leur langue dans la bouche des butineuses pour que

ces dernières comprennent enfin qu'il leur fallait agir et multiplier les apports en eau.

Puis les scientifiques ont supprimé les sources d'eau pour voir comment la ruche s'en accommodait. Cette fois, la situation est devenue critique, le mercure frôlant les 44 °C. En dépit de la mobilisation d'ouvrières chargées de battre des ailes pour augmenter la circulation d'air à l'intérieur de la ruche, cela n'a pas suffi à inverser la tendance et à refroidir la ruche. Après avoir rétabli la source d'eau, les chercheurs ont constaté qu'au lieu de délivrer 3 grammes d'eau en 30 minutes, les abeilles ont multiplié par huit leurs trajets, ce qui est d'autant plus remarquable que chacune d'elles ne peut porter que 50 milligrammes d'eau à la fois dans son abdomen. En une demi-heure, ce sont ainsi près de 500 allers-retours qui ont été accomplis pour sauver la ruche de la surchauffe ! ■ **Hervé Ratel**



Chaque abeille ne peut transporter que 50 milligrammes d'eau à la fois.

DENIS BRINGAND/BIOPHOTO

Sur les traces d'un secret enfoui

Enquête sur l'héritage toxique de la Grande Guerre



Daniel Hubé, Michalon, 286 p., 24 €

C'est une véritable enquête policière qu'a menée Daniel Hubé, ingénieur au Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM).

Le « crime » : la pollution des sols de nombreux sites en France. Ces investigations à travers les archives françaises et étrangères permettent de redécouvrir une industrie totalement oubliée, l'élimination des surplus de munitions de la Grande Guerre. Parmi celles-ci figurent pourtant 1,5 million

d'obus chimiques et 300 000 obus explosifs hautement toxiques enterrés dans la Meuse. ■ **O. H.**

DVD

This Changes Everything

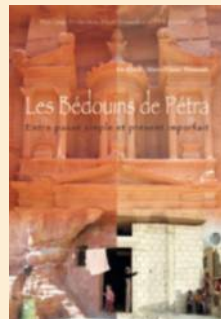


Avi Lewis et Naomi Klein, Luminor Films, 89 min, 15 €

Ce film « coup de poing » et militant de Naomi Klein dénonce les politiques favorisant les énergies fossiles : celle des États-Unis centrée sur le gaz de schiste, celle du Canada misant sur l'exploitation des sables bitumineux. D'autres choix énergétiques sont également analysés, en Inde, en Chine ou encore en Allemagne. Visant en priorité un public nord-américain, la journaliste finit par désigner la vraie coupable : la croissance débridée de nos sociétés de consommation. ■ **I. do O'G.**

DVD

Les Bédouins de Pétra



Marie-Claire Thouault, Plan Large Production, 52 min, 20 €

En 1985, la cité caravanière de Pétra, en Jordanie, est inscrite au patrimoine mondial de l'humanité. L'Unesco ne prévoit que la protection des pierres. Or sur ce site vivent des Bédouins, qui sont déplacés en échange d'une participation aux bénéfices qu'engendrera le développement du tourisme. Aujourd'hui, avec des archéologues, ils s'interrogent : le site est-il mieux préservé ? Les Bédouins, ainsi

sédentarisés, doivent-ils renoncer à leur vie semi-nomade ? ■ **I. do O'G**

Contre la sédentarité, tous debout !

Des solutions se développent pour lutter contre la sédentarité responsable de troubles articulaires et cardio-vasculaires, voire de cancers. Parmi elles, des bureaux surélevés pour travailler debout en classe, en entreprise ou chez soi.

Par Sylvie Riou-Milliot

SI VOUS LISEZ CES LIGNES CONFORTABLEMENT installé dans votre canapé, un conseil avant de poursuivre : levez-vous ! Et, dans tous les cas, ne restez pas assis plus de deux heures. Outre-Manche, c'est depuis un an la recommandation du National Health Service, le système de santé publique du Royaume-Uni, et ce quel que soit l'âge. Tous les pays développés semblent d'ailleurs connaître le même sursaut. Exemple en Californie (États-Unis) et en Australie où, à l'automne 2015, les premiers bureaux sans siège pour écoliers de 5 ans ont été testés. Un concept en rupture totale avec le traditionnel « Restez assis ! » qui résonne encore dans de nombreuses salles de classe. Pour les plus âgés, le concept de « réunion debout » a lui aussi de plus en plus la cote. La preuve avec les « bureaux debout » et les écrivains en hauteur, sans assise, intégrant parfois un tapis de course et un vélo d'intérieur ! Mais pourquoi déployer une telle offensive pour mettre tout le monde en position verticale ? Parce que l'on connaît désormais parfaitement les méfaits sanitaires de la sédentarité, classée par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) première cause de mortalité évitable.

Ces modifications de comportement sont nécessaires et urgentes. La conclusion de l'analyse de 50 publications menées depuis trente ans dans 28 pays auprès de 26 millions d'enfants par le Pr Grant Tomkinson, de l'université d'Australie-Méridionale, était en effet sans appel (2013) : les capacités cardio-vasculaires des enfants sont désormais inférieures de 15 % à celles de leurs parents au même âge. Ce qui signifie que si la courbe ne se modifie pas, la génération prochaine sera la première à vivre moins longtemps que ses aînées.

Un enfant qui ne bouge pas devient un adulte inactif

En France, seul un enfant sur deux bouge au moins une heure par jour, conformément aux recommandations nationales, le second ayant tous les risques de devenir un adulte inactif. Or, le corps souffre d'une mise au repos pro-

12
heures

C'est le temps passé en moyenne en position assise durant une journée de travail.

Entre 3 et 5 millions

de morts par an dans le monde dues à la sédentarité.

61 milliards de dollars par an

C'est le coût de la sédentarité au niveau mondial, soit le PIB du Costa Rica.

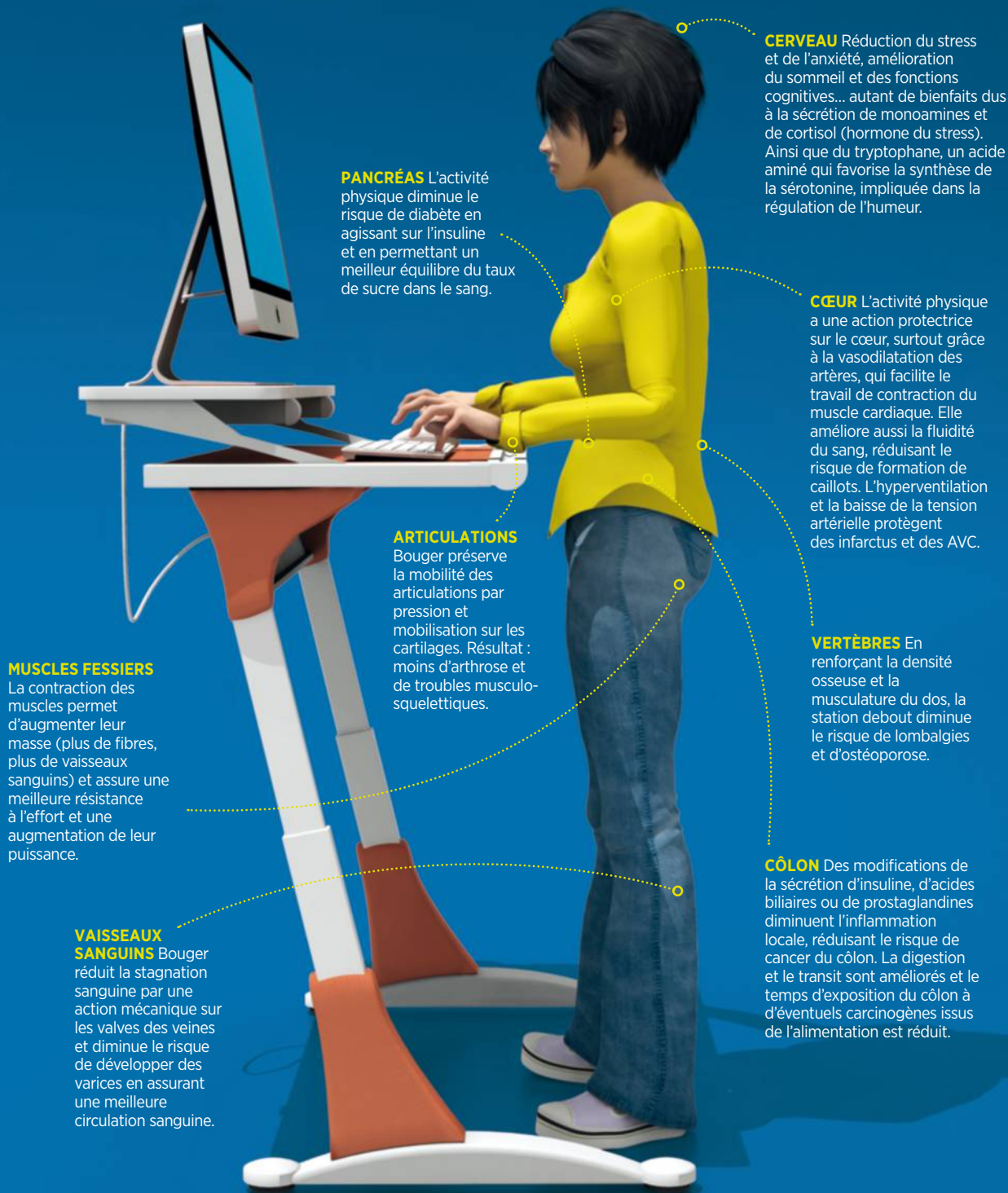
longée au point qu'un nouveau slogan a émergé aux États-Unis : « *Sitting is the new smoking* » (« *rester assis est le nouveau tabagisme* »). Car c'est une certitude : la sédentarité tue, sans bruit, et davantage que le tabac : 5,3 millions de morts par an dans le monde selon les estimations de l'International Chair of Cardiometabolic Risk (ICR), contre 5,1 millions. En France, le Pr François Carré, cardiologue, médecin du sport et cofondateur du récent Observatoire national de la sédentarité à Clermont-Ferrand (*lire l'encadré p. 64*), en dénonce lui aussi les ravages dans son livre *Danger sédentarité* (éditions Le Cherche-Midi). Les causes en sont bien identifiées : automobiles, ascenseurs, escalators, écrans... Tous les équipements à notre disposition incitent à faire le moins d'efforts possible. Sans oublier... les télécommandes, sans doute le pire des équipements. C'est Jeremy ▶

« Il ne faut pas confondre sédentarité (temps passé assis ou couché au cours d'une journée) et inactivité physique. On peut être actif... et sédentaire ! »

Pr Pascale Duché, membre du conseil scientifique de l'Observatoire de la sédentarité

INNOVATION

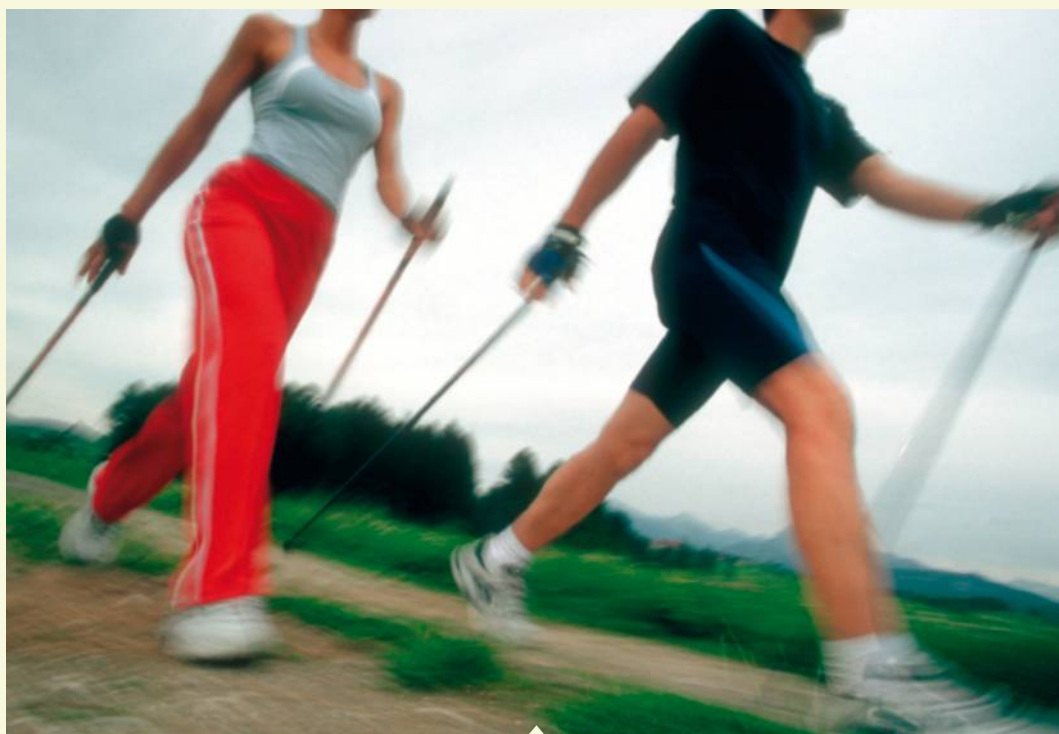
Travailler autrement pour être en bonne santé



THÉRAPEUTIQUE

Sport sur ordonnance

Grâce à une nouvelle disposition légale, les médecins français vont pouvoir prescrire du sport à leurs patients atteints de maladies de longue durée telles que le diabète, le cancer ou l'hypertension.-



G. HEILDORN / LAIF-REA

La marche nordique figure parmi les activités proposées depuis 2012 à Strasbourg, où a été menée une expérience pionnière de prescription d'activité physique impliquant 170 médecins généralistes et des éducateurs sportifs.

Marcher 5 kilomètres matin, midi et soir, nager 1 kilomètre deux fois par semaine... Voilà l'ordonnance de sport santé que proposeront bientôt les médecins à leurs patients atteints d'une des 30 affections de longue durée (ALD) telles que diabète, cancer, hypertension, maladie coronarienne... L'adoption par l'Assemblée nationale de l'amendement Fourneyron en avril 2015 — du nom de la députée Valérie Fourneyron qui a porté le projet — rend possible la pratique du sport « sur ordonnance ». L'initiative en revient à la Cami (1), une association de lutte contre le

cancer qui fut la première à la promouvoir voici quinze ans. Strasbourg, en 2012, a ensuite été la première ville à proposer une offre gratuite et structurée, 170 médecins généralistes travaillant avec des éducateurs sportifs dûment formés. Depuis, une trentaine de villes (2) ont suivi l'exemple. En mai, Paris et sa région, avec les 39 établissements de l'Assistance publique-Hôpitaux de Paris (APHP), ont ainsi signé une convention pour accueillir sur des plates-formes sportives 750 malades atteints de bronchite chronique, du sida, de maladies rhumatismales inflammatoires ou de cancers...

L'objectif étant de remettre le corps en mouvement après des années de sédentarité. Reste à définir officiellement le cadre d'application de cette pratique : types d'activité, formation des éducateurs, labellisation... La concertation pour les décrets d'application prévus pour la fin de l'année est en cours. Des recommandations pilotées à la Direction générale de la santé par le Dr Xavier Bigard et un « Vidal du sport » (3), élaboré par le Comité national olympique du sport français, sont aussi en attente.

(1) www.sportetcancer.com/

(2) www.villes-sante.com/

(3) Du nom du dictionnaire des médicaments.

► Morris, un épidémiologiste britannique, qui a le premier prouvé, en 1953, que la santé cardio-vasculaire des conducteurs de bus — assis une grande partie de la journée — était moins bonne que celle de leurs collègues poinçonneurs et contrôleurs, toujours debout. Le cœur n'est pas le seul organe concerné : muscles, articulations, pancréas... et le cerveau qui, lui aussi, tire bénéfice de l'activité physique. Celle-ci permet ainsi d'accroître de 2 % le volume de l'hippocampe, ce qui revient à ralentir le vieillissement cérébral de un à deux ans selon une étude présentée à la conférence annuelle de l'Association américaine pour l'avancement de la science (AAAS) par Kirk Erickson, de l'université de Pittsburgh (2014).

Ne pas dépasser 8 heures d'inactivité dans la journée

Attention : la sédentarité n'est pas le contraire de l'activité physique ! C'est sans doute en raison de cette idée reçue que la prise de conscience de ses ravages a été si longue à émerger. La sédentarité se définit en effet par une dépense énergétique inférieure ou égale à 1,5 MET (*metabolic equivalent task*, équivalent métabolique), l'unité qui mesure cette dépense en fonction du poids et du temps. En pratique, le sédentaire est donc celui qui adopte des comportements physiquement passifs se déroulant le plus souvent en position assise, par exemple travailler longtemps sur un ordinateur, visionner un film, etc. « *Il faut comptabiliser le temps passé assis entre le réveil et le coucher* », précise le Pr Pascale Duché, responsable du master « Activité projet sport santé » en Sciences et techniques des activités physiques et sportives (Staps) à l'université Blaise-Pascal de Clermont-Ferrand, et membre du conseil scientifique

ENTREPRISES

Ça bouge en Auvergne

Pionnière dans la pratique du sport en entreprise (le groupe Michelin y est fortement impliqué depuis 2009), la ville de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme) vient de s'enrichir de deux nouvelles structures. La première, l'Observatoire national de la sédentarité (Onaps*), sous la responsabilité du Pr Martine Duclos, a été créée fin 2015. Elle coordonnera les recherches sur ce thème au niveau national. Elle vient d'éditer son premier bulletin d'information et organisera son premier colloque à Paris au mois d'octobre. La seconde, le Centre expérimental de prévention individuelle en Auvergne (Cepia), verra le jour dans le cadre du projet public du Grand Clermont 2020. Son objectif est « *de mieux cibler les populations à risque* », expose le Pr Pascale Duché, membre des deux structures. Qui poursuit : « *Nous disposerons d'une plate-forme de génétique en biologie moléculaire et nous nous appuierons sur les meilleures compétences de la région pour offrir le suivi et la prise en charge la plus adaptée au profil de risque de la personne.* »

* www.onaps.fr/l-onaps/

du nouvel Observatoire de la sédentarité. La cote d'alerte est atteinte si la sédentarité dépasse les 7 à 8 heures quotidiennes en cumulant le temps des repas, des déplacements passifs (voiture, transports en commun) et des loisirs (TV, tablettes...). À ne pas confondre avec l'inactivité physique proprement dite qui, elle, se définit par « *moins de 30 minutes d'exercices quotidiens 5 fois par semaine*, explique

le Pr Duché. *On peut donc être actif... mais sédentaire !* »

L'important est donc de réduire le plus possible le temps de sédentarité et d'augmenter son temps d'activité. La tâche est complexe. 42 % des Français ne pratiquent en effet aucune activité sportive et seul un Français sur cinq effectue 10 000 pas quotidiens. Le temps moyen passé assis est de 12 heures lors d'une journée de travail, et 9 heures lors d'un jour de congé. Or, l'activité physique ou sportive (APS) — outre ses bienfaits sur la résistance, la capacité respiratoire, la souplesse, l'équilibre, le tonus musculaire — aide aussi à maintenir l'autonomie et prévient la dépendance. Manque de temps, coût... les entraves à l'activité sont multiples, obligeant les spécialistes à chercher des alternatives efficaces comme la tendance du « fractionné ». En pratique, des efforts intenses menés sur une courte période de temps. Ou la « micro-activité » (NEAT : *non-exercise activity thermogenesis*) consistant à faire des petits mouvements des doigts, à étendre les pieds, à se dégourdir les jambes... Tout plutôt que l'immobilité ! Des études ont en effet prouvé que leur pratique pendant une minute toutes les heures permettait de réduire de 20 % le risque cardio-vasculaire. Alors, debout ! ■



Des « bureaux debout » ont fait leur apparition dans les salles de classe aux États-Unis, comme ici à Andover (Minnesota).

B. PETERSON / STAR TREK / ZUMA-REA



Bonbons acidulés, à bannir de la récré

Beaucoup trop sucrées, ces friandises qui séduisent tant les enfants contiennent des acides et additifs susceptibles d'induire asthme, allergies et troubles intestinaux.

EN QUELQUES ANNÉES, LES BONBONS ACIDES sont devenus les chouchous des cours de récréation... et d'ailleurs. De Chupa Chups, avec ses mini Kipik, à Carambar avec ses Very Bad Kids (« enfants terribles »), la tendance cartonne. Mais les vedettes sont sans conteste les Têtes Brûlées : les adolescents raffolent de ces boules dures ou langues molles qui se vantent d'être « les plus acides du marché » et promettent de « t'arracher la tête » ou de « te secouer les neurones ». En 2015, la confiserie française Verquin, qui les commercialise sous plusieurs versions (« kiflash », bille double choc, bubble, star...), en a vendu 8,3 millions de paquets... contre 200 000 en 2012 !

Pure gourmandise ? Pas seulement : « L'adolescence est la période de construction de l'identité. Dans un bonbon acide, il y a un côté viril qui peut représenter un challenge : "t'es cap ou pas cap d'en manger", souligne Aurélie Maurice, sociologue à l'Inra et auteure d'un

article sur ces confiseries chez des élèves de sixième et de cinquième (1). Au collège, le bonbon est aussi un objet de transgression qui s'achète en cachette des parents et qui se mange en cours pour défier l'autorité du professeur. » Les bonbons « qui piquent » n'ont donc pas fini d'avoir la cote... y compris chez les adultes ! Mieux vaut pourtant se tenir à distance de ces friandises, véritables concentrés glycémiques et chimiques qui n'en veulent pas qu'à nos dents...

Des petites bombes de sucre

Compter 9 grammes de glucides dans certaines de ces langues acides, soit près de deux morceaux de sucre ! Il suffit d'en manger trois pour dépasser le seuil de sucres libres recommandé par l'Organisation mondiale de la santé, fixé à 25 grammes par jour. Selon cette dernière, preuve est faite que l'excès d'aliments sucrés est pourvoyeur de surpoids, d'obésité et de caries dentaires (2).

7,1 kg de bonbons

sont consommés par seconde en France ! Au total, 224 000 tonnes sont ingurgitées par an, soit 3,6 kg par personne. Haribo domine le marché, qui totalise 38,4 millions de crocodiles, fraises Tagada, nounours gélifiés... mangés chaque jour.

(SOURCE : PLANÉTOSCOPE.)

En outre, ces bonbons sont fabriqués majoritairement à partir de sirop de glucose, un produit bon marché à fort pouvoir sucrant mais aussi à indice glycémique élevé. « Il entraîne une augmentation rapide du taux de sucre dans le sang auquel le pancréas réagit en produisant davantage d'insuline, explique la nutritionniste Angélique Houlbert (3). Si manger un bonbon de temps en temps reste sans impact, en manger plusieurs à la suite peut conduire les enfants à faire un malaise nommé hypoglycémie réactionnelle, le fameux "coup de barre". De plus, pour métaboliser ces sucres vides, l'organisme doit puiser dans ses maigres réserves de vitamine B1 et de magnésium, au risque de créer un déficit pouvant être source de troubles de la concentration et de fatigue. »

Des concentrés d'additifs chimiques...

Les acides citrique (E330) et malique (E296) procurent l'acidité aux bonbons. À la suite de

DJA La dose journalière admissible représente le seuil maximal d'une substance qu'un individu peut consommer chaque jour sans risque pour sa santé. Elle est définie produit par produit en milligrammes par kilo de poids corporel.

SUCRES LIBRES Ce sont tous les sucres (glucose, fructose, saccharose, sucre de table) ajoutés aux aliments et boissons par les fabricants, les cuisiniers et les consommateurs; ils comprennent également les sucres naturellement présents dans le miel, les sirops et les jus de fruits.

ADDITIFS Composés naturels ou chimiques incorporés à un aliment pour faciliter sa conservation, améliorer son goût, sa couleur, sa texture, etc. Colorant, conservateur, édulcorant, exhausteur de goût, acidifiant, émulsifiant... Il existe 24 catégories d'additifs dont la sécurité est évaluée par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (AESa).

plusieurs incidents touchant des enfants (troubles buccaux et intestinaux, fausses routes, brûlures de la langue), l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments a rappelé (2001) que la consommation répétée de confiseries acides pouvait contribuer à déminéraliser l'émail dentaire, déclencher des caries en modifiant le pH de la salive et entraîner des troubles intestinaux chez les jeunes enfants (4). Ces mises en garde doivent être inscrites sur les emballages. Parmi la dizaine d'autres additifs, figurent quelques extraits végétaux (épinard, ortie, curcuma...) et arômes naturels (pomme...), mais surtout des arômes artificiels et jusqu'à six colorants par paquet.

... dont certains douteux

Pris isolément, la plupart de ces additifs sont sans risque à la dose journalière admissible (DJA). Néanmoins, la donne peut changer quand on en consomme par ailleurs (sodas, gâteaux, etc.)

et que ceux-ci s'additionnent. Une étude britannique sur des enfants exposés à un cocktail de colorants dans des boissons a conclu à une exacerbation de l'hyperactivité (5). Certains de ces composés sont aussi suspects d'engendrer des allergies comme l'asthme, l'urticaire et les rhinites chez 1 % de la population (6). C'est le cas, par exemple, du colorant de synthèse E131 (bleu) présent dans des bonbons acides vendus en France mais interdit aux États-Unis, Canada, Australie et Norvège. À noter, la présence de nanoparticules et de dioxyde de titane (E171) dans certains bonbons, une substance destinée à les rendre brillants mais « susceptible d'être cancérogène pour l'homme », selon le Centre international de recherche sur le cancer (Circ).

Un mariage délétaire entre sel et mauvais gras

Certains bonbons cachent des teneurs importantes en sel : 2,4 g

pour un paquet de 115 g. Mieux vaut donc ne pas les ingurgiter goulûment les uns après les autres ! Selon le dernier Programme national nutrition santé, les femmes et les enfants doivent se limiter à 6,5 g/jour, le but étant de ne dépasser les 5 g/jour pour l'Organisation mondiale de la santé. Or, en France, les enfants de 3 à 17 ans en consomment déjà actuellement environ 7 g quotidiennement, la majorité provenant des aliments industriels.

L'abus de sel représente pourtant un facteur de risque reconnu d'hypertension artérielle et de maladies cardio-vasculaires. Cerise sur le gâteau : quelques bonbons se composent d'« huile totalement hydrogénée », autrement dit d'acides gras trans reconnus cancérogènes et dont les apports doivent être limités.

De la gélatine de porc au menu

Depuis le scandale dit de la vache folle en 1999, la gélatine qui donne la consistance élastique et moelleuse aux bonbons ne provient plus du bœuf mais essentiellement du porc, dont les os, la peau et les tendons sont réduits en bouillie dans de l'acide chlorhydrique chauffé à 120 °C. Dans les bonbons « bio », la tendance qui monte, la gélatine d'origine animale est remplacée par l'agar-agar, un gélifiant naturel issu d'une algue. Attention en cas d'intolérance : certains bonbons acides contiennent des traces de gluten et de fruits à coques. ■

Brigitte Bègue

ANGÉLIQUE HOULBERT Nutritionniste*

Plus ils sont colorés, plus les enfants en mangent

« Acides ou pas, les bonbons n'ont aucun intérêt nutritionnel. Mais comme ils sont associés au plaisir, il est contre-productif de les interdire aux enfants qui vont se ruer dessus dès qu'ils le pourront. Il faut plutôt éduquer ces derniers à les réserver à des occasions particulières, comme les anniversaires entre copains. Dans ce cas, ils ne posent pas de problème. Chaque aliment a sa place, mais il faut que ce soit la juste place. Il n'y a pas vraiment de bonbons meilleurs que d'autres, mais moins il y a de colorants, mieux c'est. Des études ont montré que plus il y a de couleurs dans le paquet, plus les enfants en mangent. Par ailleurs, les arômes synthétiques ont l'inconvénient de façonner le goût des enfants. »

* Coautrice du *Bon Choix pour vos enfants*, Thierry Souccar éditions.

(1) The ambivalence of sweets in the interactions among 12-13 year-old teenagers at school, *Antropology of Food*, 2015.

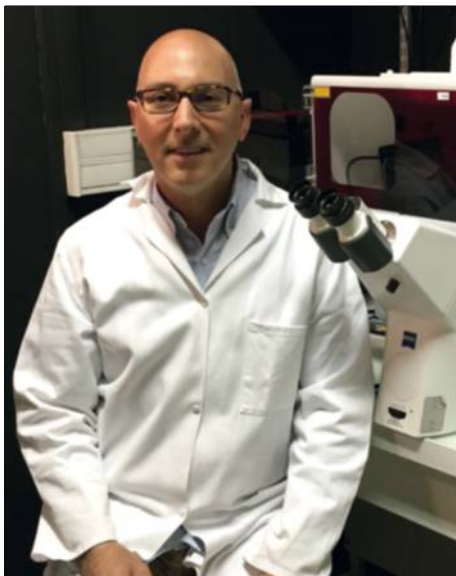
(2) Guideline: sugars intake for adults and children, OMS, 2015.

(3) La Meilleure Façon de manger pour les enfants, Thierry Souccar Éditions, 2009.

(4) Avis relatif à l'évaluation du risque pour la santé du consommateur associé à la consommation de bonbons présentant des teneurs élevées en acide, 2001.

(5) Food additives and hyperactive behaviours in 3-year old and 8/9 year, Donna McCann, *The Lancet*, 2007.

(6) Controverse : l'hypersensibilité aux additifs alimentaires est une réalité clinique : C. Sauvage, *Revue française d'allergologie*, 2010.



RONALD MELKI, NEUROBIOLOGISTE

« Alzheimer : la piste infectieuse se précise »

À l'occasion de la journée mondiale contre la maladie d'Alzheimer le 21 septembre, ce spécialiste des maladies neurodégénératives revient sur l'origine commune de ces pathologies.

On a récemment découvert que des protéines infectieuses étaient à l'origine de maladies neurodégénératives comme celles de Parkinson ou d'Alzheimer. Est-ce le cas dans toutes les démences ?

Absolument. L'agrégation de protéines dans les neurones du cerveau entraîne leur déconnexion, puis leur mort, phénomène commun à toutes les maladies neurodégénératives. Ainsi, l'agrégation de la protéine tau donne des « tauopathies », comme les maladies d'Alzheimer ou de Pick ; celle de l'alpha-synucléine est responsable des synucléopathies parmi lesquelles la maladie de Parkinson ou la démence à corps de Lewy ; celle de la huntingtine est impliquée dans la maladie de Huntington. Selon les protéines agrégées, l'une ou l'autre de ces pathologies va se déclencher.

Si ces protéines sont infectieuses, faut-il s'inquiéter d'une transmission lors de transfusions sanguines notamment ?

Ces agrégats de protéines sont effectivement infectieux. Mais ils se propagent d'une cellule à l'autre : on ne risque donc rien à serrer la main d'un malade ou à l'embras-

ser. En revanche, il pourrait y avoir un risque lors d'une transfusion du sang ou d'un don d'organe. Les protéines agrégées peuvent circuler chez des individus en période d'incubation, ces derniers propageant la maladie à leur insu. Il existe bien une procédure d'inactivation des protéines dans les échantillons, utilisée en laboratoire et que nous avons publiée (1). Mais elle est inapplicable pour le sang car trop invasive ou destructrice.

Avez-vous alerté les autorités sanitaires, de sorte que la sécurité soit améliorée ?

Nous avons des discussions informelles avec nos directions. Aujourd'hui, les échantillons de sang jugés dangereux sont écartés grâce à plusieurs filtres (questionnaires, sérologies, etc.). Il faudrait faire de même pour les donneurs présentant les premiers stades de démence. Il faudrait, de plus, instaurer un test sanguin — comme cela se fait pour le VIH — permettant d'assurer que les dons sont sans risque en détectant la présence de biomarqueurs. Un tel test n'est pas encore au point.

Une récente étude (2) menée sur 1,2 million de patients transfusés pendant vingt

BIO EXPRESS

1990 Doctorat à l'université Pierre-et-Marie-Curie, Paris.

1990 Chargé de recherche au laboratoire d'enzymologie du CNRS.

1993-1994 Post-doctorat au 'University Medical Center de New York (États-Unis).

2001 Directeur de recherche CNRS au laboratoire d'enzymologie et de biologie structurale à Gif-sur-Yvette (Essonne).

2015 Responsable d'une équipe de recherche à l'Institut des neurosciences Paris-Saclay (Neuro PSI).

2016 Colauréat du prix scientifique de la Fondation Simone et Cino Del Duca de l'Institut de France sur le thème « maladies neurodégénératives ».

ans conclut à l'absence de transmission de démence...

Cette étude suédoise est importante mais ne garantit pas une absence totale de risque. Risques qu'il faut cependant relativiser. Le recours à une transfusion sanguine est lié à une situation grave. En outre, les maladies neurodégénératives, associées au vieillissement, évoluent très lentement. Donc, même si quelques cas de démence apparaissent au bout de dizaines d'années, le patient aura, grâce à la transfusion, survécu longtemps avant d'éventuellement développer une pathologie. Le risque que l'on prend avec une transfusion est donc sans commune mesure avec son bénéfice.

Pourquoi ces protéines infectieuses s'agrègent-elles de la sorte ?

Une fois synthétisées, les protéines oscillent entre plusieurs configurations en 3D, certaines fonctionnelles, d'autres non. Des protéines « chaperons » les aident alors à trouver leur bonne conformation. Lorsque celles-ci ne font pas correctement leur travail, des fractions de protéine sont mal repliées, non opérationnelles ; elles ont tendance à s'empiler les unes sur les autres.



BURGER/PHANE

Les risques d'une transmission par transfusion semblent minimes.

Pourquoi les protéines « chaperons » ne fonctionnent-elles pas correctement ?

Quand une protéine est mal conformée, les « chaperons » la séquestrent et lui donnent une deuxième chance de se replier correctement. Mais elles sont vite débordées si trop de protéines sont défectueuses ! Résultat : de plus en plus de protéines se replient mal et s'agrègent et, comme les agrégats lient aussi les « chaperons », ces dernières deviennent de moins en moins disponibles au fil du temps. La maladie se développe.

Comment avez-vous découvert que certaines protéines étaient infectieuses ?

Auparavant, nous pensions qu'il existait une seule protéine infectieuse, le prion (PrP), à l'origine de la maladie de Creutzfeldt-Jakob et de l'encéphalopathie spongiforme bovine (« maladie de la vache folle »). Un prion est une protéine qui s'agrège, se propage et s'amplifie. Or, des traitements expérimentaux ont mis en évidence un phénomène tout à fait inattendu : des neurones embryonnaires avaient été greffés dans le cerveau de patients atteints de mala-

die de Parkinson, dans le but de compenser la perte de neurones dopaminergiques caractéristique de cette affection. Lorsque ces cerveaux ont été examinés au décès des patients en 2008, plus d'une décennie plus tard, nous avons constaté que les greffons étaient à leur tour envahis par des agrégats de protéines alpha-synucléine impliquées dans Parkinson. Or, en théorie, les protéines ne se « propagent pas » ! D'où notre intuition : ces agrégats seraient-ils infectieux comme la PrP ? Notre laboratoire, en collaboration avec l'université de Stanford (États-Unis) et de Lund (Suède), a par la suite montré, chez la souris et en culture cellulaire, que ces agrégats d'alpha-synucléine et de huntingtine avaient bien la propriété de passer de cellule à cellule et de s'amplifier ! Depuis, d'autres chercheurs l'ont montré pour la protéine tau (Alzheimer).

Comment combattre ces protéines infectieuses ?

Si les agrégats passent d'une cellule à l'autre, nous pouvons espérer qu'ils sont par moments « à découvert » et deviennent une cible thérapeutique. Ralentir leur propagation et leur amplification reviendrait à ralentir la progression de la pathologie. Nous avons aussi l'espoir d'agir avant que les symptômes ne se déclarent, en repérant dans le sang ou le liquide céphalorachidien la signature d'une forme de protéine pathologique grâce à des biomarqueurs. Nous travaillons à les synthétiser. Ils pourraient aussi être utilisés pour neutraliser les agrégats dans le cerveau. Un outil deux en un. ■

Propos recueillis par Elena Sender

[@Elenasender](#)

(1) An Efficient Procedure for Removal and Inactivation of Alpha-Synuclein Assemblies from Laboratory Materials. *Journal of Parkinson Disease*, 2016.

(2) Transmission of neurodegenerative disorders through blood transfusion : a cohort study. *Annals of Internal Medicine*, juin 2016.

Zika : la recherche progresse... le virus aussi

Des vaccins sont en cours d'expérimentation, certains chez l'homme, alors que les premiers cas d'infection autochtones sont apparus aux États-Unis.



JOERAEDE/GETTY/AFP

La lutte contre les moustiques porteurs du virus s'intensifie à Miami, en Floride.

LA RECHERCHE SUR LA MISE AU POINT de vaccins contre le virus Zika progresse à grands pas. Trois vaccins, de conception différente, ont réussi à protéger des singes d'une infection virale provoquée avec des souches circulant actuellement au Brésil et à Porto Rico. Ces trois vaccins expérimentaux ont été développés par des chercheurs de l'armée américaine. L'un d'eux devrait entrer en phase I d'essais cliniques cette année. Deux autres vaccins anti-Zika sont en phase préliminaire d'expérimentation chez l'homme afin de tester leur sécurité d'emploi : celui développé par Inovio Pharmaceuticals et celui conçu par les Instituts nationaux de la santé américains.

Ces résultats encourageants interviennent alors que l'on assiste à une explosion inquiétante du nombre de cas d'infection par le virus Zika à Porto Rico. Dans ce territoire des États-Unis situé dans les grandes Antilles,

5351 patients symptomatiques ont été recensés, dont 44 % de femmes enceintes. Par ailleurs, sur le territoire continental américain, le centre de contrôle et de prévention des maladies d'Atlanta (CDC) a enjoint à toutes les femmes enceintes d'éviter de se rendre dans le quartier nord de Wynwood à Miami (Floride) où il redoute la propagation par les moustiques du virus Zika, qui peut causer de graves anomalies de développement du cerveau (microcéphalie) chez le fœtus. Le CDC recommande aux femmes qui résident dans ce secteur d'utiliser des préservatifs, le virus pouvant être transmis par voie sexuelle. Ces mesures font suite à l'annonce par les autorités des premiers cas de transmission du virus Zika par des moustiques sur le territoire continental américain chez des personnes n'ayant donc pas contracté le virus à l'étranger. ■

Marc Gozlan

[@MarcGozlan](#)



DVD

Seul contre tous

Une belle aventure scientifique que l'histoire vraie de ce médecin légiste nigérian qui a montré en 2002 les liens entre pratique du football américain et microfissures cérébrales. Incarné

Peter Landesman, Sony Pictures, 123 min, 20 €

ici par Will Smith, Bennet Omalu va alors se trouver confronté aux instances sportives professionnelles américaines qui, avec l'appui des autorités politiques et judiciaires, commenceront par nier les faits, avant que la bataille ne soit remportée grâce aux preuves scientifiques indiscutables avancées par le chercheur. Un film intelligent malgré sa facture hollywoodienne. ■ I. do O'G.



Les Adultes hyperactifs

De mieux en mieux diagnostiqué chez l'enfant, le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH), caractérisé par une perturbation de l'attention et une impulsivité verbale et motrice, est rarement identifié chez l'adulte. Comment savoir si

Gabriel Wahl, Odile Jacob, 194 p., 21,90 €

l'on souffre de TDAH ? Quelles sont les thérapies efficaces proposées aux patients ? Le Dr Gabriel Wahl livre dans cet ouvrage des réponses fouillées et accessibles à ces questions. ■ L. L.



BD

La Différence invisible

Marguerite se sent différente des autres mais n'arrive pas à savoir en quoi. Après plusieurs lectures et rencontres, la jeune femme se rend compte qu'elle est autiste Asperger. Adaptée d'un blog-

Mademoiselle Caroline et Julie Dachez, Delcourt, 96 p., 22,95 €

témoignage lancée par l'auteure, voilà une BD d'utilité publique. À la fois pour ceux qui se sentent à la marge et souffriraient du même handicap, mais également pour leurs proches afin qu'ils les comprennent mieux. Un cahier rassemblant conseils et ressources complète fort utilement cet ouvrage. ■ H. R.

Des prothèses en 3D pour tous les handicaps

Rencontre avec Nicolas Huchet, jeune amputé qui a entrepris d'imprimer en 3D sa propre main au sein d'un « fab lab ». Objectif : fabriquer des prothèses bioniques à moindre coût.

LA PIÈCE NE PAYE PAS DE MINE : 20 mètres carrés avec un ordinateur, des robots en kit... mais aussi des imprimantes 3D et des découpeuses laser. C'est dans cet espace, le LabFab, premier « fab lab » (laboratoire de fabrication numérique, lire ci-dessous) de Rennes, que Nicolas Huchet planche sur la fabrication de sa prothèse de main. Amputé en 2002 à la suite d'un accident du travail alors qu'il n'avait que 18 ans, il ne se satisfait pas de la sienne. « Ce n'est pas très beau, c'est aussi efficace qu'une pince de crabe et ça coûte près de 10 000 € ! », confie cet ancien mécanicien. Les prothèses les plus élaborées pouvant grimper jusqu'à 90 000 €. Alors, lorsqu'il découvre en 2012 le LabFab, il pousse la porte : « Est-il possible de fabriquer une main robot ? », demande-t-il. La réponse est positive. « Les personnes présentes ont été tout de suite intéressées. »

Cette rencontre avec l'esprit *maker* change tout. Pour la première fois, il n'était plus question d'assistanat ni de compassion. Les « bricoleurs » de ce fab lab acceptent de l'aider à condition que Nicolas construise lui-même sa prothèse et mette ensuite gratuitement les plans à la disposition de la communauté. Le projet Bionico Hand était né. La tâche ne fut pas simple ! « J'ai toujours aimé tout démonter, mais je ne remontais jamais vraiment, se souvient le jeune homme. Qui plus est, je n'avais pas du tout la fibre informatique. » Le Rennais croise alors la route d'Hugues Aubin, le responsable des technologies de l'information de la ville. Ensemble, ils créent l'association My Human Kit, conçoivent des prototypes grâce à un sculpteur, un mécatronicien, un prothésiste... et des logiciels libres. L'une de ces mains bioniques est exposée au musée de l'Homme à Paris. « Je me suis rendu compte que mon projet fédérait beau-



PHOTOS: THIERRY PASQUET/SIGNATURES POUR SCIENCES ET Avenir

Nicolas Huchet souhaite diffuser dans le monde entier son expérience d'entraide entre personnes valides ou non.

En partenariat avec



assureur militant

pour une société collaborative

La MAIF s'engage pour une société collaborative.

Des scientifiques aussi. Sciences et Avenir vous fait découvrir le fruit de leurs recherches. Cinquième volet d'une série de huit rencontres.

Retrouvez l'ensemble des articles
#ideecollaborative sur
consocollaborative.com

coup de forces », se réjouit Nicolas Huchet. Il teste actuellement son quatrième prototype, qui permet d'utiliser plus facilement un clavier d'ordinateur ou de saisir une tasse, « même si elle glisse un peu... » Scannée en 3D, son emboîture est dessinée en deux heures. Le tout est imprimé en huit heures pour un coût d'environ 700 €. « Nous nous sommes aussi alliés les compétences d'un prothésiste pour affiner la fabrication », précise Nicolas Huchet. Il faudra attendre encore trois ans avant de disposer d'une prothèse aboutie, mais « créer du lien entre ingénieur et handicapé et mettre sa technique au profit des autres permet de se guérir ». Nicolas Huchet lancera en 2017 son Human Lab, atelier pilote de fabrication numérique consacré à la santé et voué à essaimer dans le monde entier. Quatre projets sont déjà dans les cartons : une prothèse auditive, un fauteuil roulant, un gant sonar pour aveugle et un outil de sensation musicale pour malentendant. Leur point commun : ils devront être accessibles au plus grand nombre. ■ **Cécile Coumau**



FABRICATION NUMÉRIQUE

Fab lab, une communauté de compétences

Il en existerait plus de 80 en France et au moins 400 dans le monde. Les fab labs sont des ateliers de fabrication numérique ouverts à tous. Moyennant un abonnement, des machines et des outils sont mis à disposition. Nicolas Huchet connaît bien ceux de Rennes et de Berlin (Allemagne). En résidence pendant trois mois dans cet espace de 600 mètres carrés, il a pu travailler sur son projet de prothèse de main avec des *makers* allemands et des ingénieurs d'Otto Bock, le leader mondial allemand des prothèses de membres.

RESCUE® votre allié sérénité depuis 80 ans

EDWARD BACH a développé une méthode unique & naturelle pour que chacun puisse vivre en harmonie émotionnelle. Les **38 Fleurs de Bach® Original** ciblent toutes les émotions passagères ou régulières de l'individu.

La formule est restée inchangée depuis leur création en 1930.

UNE ÉMOTION = UNE FLEUR

Les **Fleurs de Bach® Original** sont les seules à porter la signature d'Edward Bach, garantie d'originalité et d'authenticité.

En 1936 Edward Bach développe le mélange **Rescue®**, considéré comme la 39^{ème} fleur il est composé de **5 fleurs de Bach® Original** qui participent à la sérénité au quotidien en toutes circonstances.



DÉCOUVREZ LE PETIT NOUVEAU DE LA GAMME:

RESCUE® PLUS coeurs fondants vitaminés. Formule renforcée par l'association des **Fleurs de Bach® Original aux vitamines B5 et B12.**

CES VITAMINES CONTRIBUENT

À : des performances intellectuelles et à des fonctions psychologiques normales.



La sérénité du **RESCUE®**, la performance des vitamines, le tout dans un délicieux mélange au goût fruité !

ON
AIME

■ Complément alimentaire. Sans sucres. Pharmacie, parapharmacie. Env. 4.99 €

MIEL MÉDICAL pour peau abîmée ou irritée

BAUME REVAMIL® est un **onguent dermoprotecteur émollient et cicatrisant** contenant **25% de miel médical** associé avec de la cire d'abeille pour permettre une **puissante action réparatrice et cicatrisante** sur les peaux abîmées ou irritées.

APPLIQUER une fine couche 2 fois par jour de baume sur la plaie ou sur la peau irritée : **effet rapide.**

Réduit également les cicatrices, les rendant plus belles et esthétiques.



■ En pharmacie - www.melibiotech.com
Dispositif médical IIa - ACL 8717438010243
Tube 15g. Env. 9,50€



Stimulez et protégez votre CERVEAU

VOUS ARRIVE-T-IL DE PERDRE DE VUE L'ESSENTIEL LORSQUE VOUS ÊTES PRESSÉ(E)? D'AVOIR DES DIFFICULTÉS POUR VOUS CONCENTRER ?

Les comprimés naturels **Cerveau Clair** apportent en quelques heures des vitamines aux zones de la **concentration** et de la **mémoire du Cerveau**. Ils contiennent des nutriments essentiels pour le cerveau (L- théanine, Grenade, Pin maritime Noix, Vitamines B et Iode), dont l'efficacité est **scientifiquement prouvée** pour améliorer la **performance mentale** et les **fonctions cognitives**, comme la **mémoire**, l'**attention** et la **concentration**.

■ Boite de 60 cp en pharmacie
ACL 2951863

Convient aux jeunes et aux moins jeunes, aux végétariens et aux végétaliens - Non testé sur animaux. Questions ? Les experts New Nordic vous répondent au 01 40 41 06 38 (tarif local) www.vitalco.com





RENTRÉE

Une journée type pour rester en forme

Vingt-quatre heures idéales dans la vie d'un senior : nos conseils pour s'entretenir, prolonger le bon effet des vacances sur la santé, et avoir le réflexe « prévention ». Car il faut, dès la rentrée, penser à faire travailler intelligemment son corps comme son cerveau.



Méditez

LE RÉVEIL NE DOIT PAS RESSEMBLER AU RESTE DE LA JOURNÉE. Pour démarrer du bon pied, pourquoi ne pas s'accorder un temps de retrait, de lenteur, de continuité... La méditation mais aussi les pratiques méditatives telles que le yoga ou le qi gong améliorent la santé car elles permettent de lutter contre le stress, la dépression, l'anxiété ou certaines maladies auto-immunes. La méditation pourrait même avoir un effet direct sur le vieillissement : selon

les travaux d'une équipe californienne, elle stimule l'activité de la télomérase, une enzyme qui protège l'ADN, ce qui freinerait le vieillissement.



Bougez

« **A**VOIR UNE ACTIVITÉ PHYSIQUE RÉGULIÈRE EST LA CLÉ D'UNE BONNE SANTÉ. » Ce message, nous le connaissons tous, mais sur quelle réalité repose-t-il concrètement ? Des études scientifiques ont aujourd'hui clairement démon-

tré que l'activité physique permet de réduire les risques de maladies cardio-vasculaires et de certains cancers (côlon, sein, prostate et endomètre notamment), de diabète et d'ostéoporose. Au quotidien, c'est aussi le gage d'une musculature et d'une ossature renforcées, d'un équilibre préservé, d'un sommeil de meilleure qualité et d'une plus grande résistance face au stress. Elle permet ainsi de prolonger l'autonomie physique lorsqu'on prend de l'âge. D'après l'Assurance maladie, « *en pratiquant une activité modérée 3 heures par semaine, ou une activité intense 3 fois 20 minutes par semaine, on diminue de 30 % le* »

COORDINATION
DU DOSSIER :
Agence Forum News

RÉDACTION EN CHEF :
Caroline Brun

RÉDACTION :
Émilie Gillet
et Anne Prigent

► *risque de décès prématuré* ». De fait, de plus en plus de médecins dressent des prescriptions sportives à leurs patients ! La ville de Strasbourg a été pionnière en la matière (lire p. 62 « Tous debout ! »).



Mangez malin

GARDER LA FORME PASSE AUSSI PAR L'ASSIETTE. Le propos d'Hippocrate, père de la médecine : « *Que l'alimentation soit ta première médecine* », est désormais étayé par les résultats de nombreuses études. Le régime méditerranéen, notamment, a des effets protecteurs contre les maladies cardio-vasculaires : cette alimentation particulièrement riche en légumes verts, fruits, poissons gras, noix et amandes et pauvre en viande a de nouveau fait ses preuves en 2015 dans l'étude espagnole Predimed. Cette dernière a montré que ce régime alimentaire enrichi en huile d'olive ou en noix diminue de 30 % le risque d'accident vasculaire cérébral et d'infarctus du myocarde par rapport à un régime pauvre en graisse. Il apparaît bel et bien comme la clef pour diminuer l'âge de ses artères. Riche en poissons gras, il est également bon pour le cerveau car il apporte des oméga 3. Ces acides gras insaturés jouent un rôle dans le fonctionnement cérébral chez le sujet adulte et au cours du



MARIA SAVENKO / SHUTTERSTOCK

vieillesse, et auraient un effet positif sur le maintien de la santé mentale (protection contre la dépression et les démences comme la maladie d'Alzheimer).

Mais les oméga-3 ne suffisent pas à entretenir notre cerveau. Cet organe qui représente environ 2% de notre poids consomme en effet 20% de l'oxygène et 40% des apports en glucides ! C'est pourquoi les glucides lents sont à consommer à tous les repas pour alimenter les neurones en énergie. Pour aider à fixer l'oxygène, l'apport en fer est essentiel. On le trouve dans des aliments comme le boudin noir (une portion tous les 15 jours suffit) ou dans les fruits de mer, les œufs, le chocolat... Que

Une alimentation riche en poissons gras et en légumes associés à de l'huile d'olive est le meilleur moyen pour entretenir ses artères.

les gourmands cessent de culpabiliser : une étude menée depuis 1975 et publiée cette année a apporté la preuve que la consommation de chocolat au moins une fois par semaine est associée positivement aux performances cognitives.



Cherchez la lumière

CHAQUE JOUR, SORTEZ OU METTEZ-VOUS À LA FENÊTRE afin de vous exposer 15 à 30 minutes à la lumière du soleil, même de façon ►



J.M. PAGANI

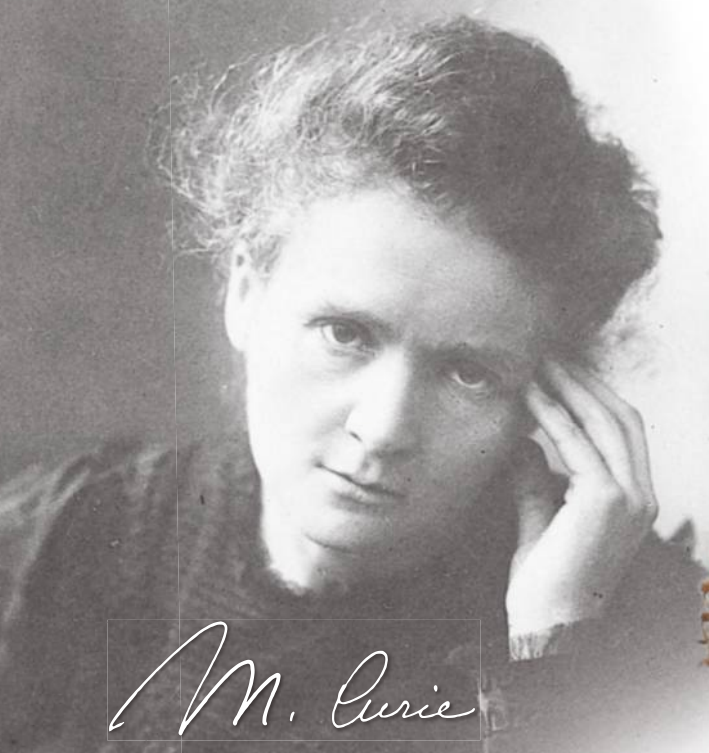
« Pour bien vieillir, mieux vaut prévenir »

Dr Jean-Marc Pagani, MÉDECIN DIRECTEUR DU CENTRE DE PRÉVENTION « BIEN VIEILLIR » AGIRC-ARRCO, ÎLE-DE-FRANCE PIRANDELLO (PARIS).

« La rentrée est le bon moment pour faire le point avec son médecin à partir de 50 ans : évaluation des facteurs de risque cardio-vasculaire (tabac, hypertension artérielle...), contrôle du poids (diabète, dysfonctionnement thyroïdien...) et de la taille (une diminution peut évoquer une ostéoporose). Des tests de la mémoire et de l'équilibre (dépister un risque de chute) rapides peuvent être

réalisés. C'est aussi l'occasion d'un bilan sanguin et de faire la liste des médicaments prescrits éventuellement par divers spécialistes ou pris en automédication (risque d'interactions). Il faut évoquer le contrôle de l'audition (ne pas trop attendre pour appareiller si nécessaire) et de la vue (suivi annuel dans le cadre d'un diabète, dépistage d'un glaucome, d'une dégénérescence maculaire liée

à l'âge). Et parler vaccination : rappel contre le tétanos, et contre la coqueluche si on va être « nouveaux » grands-parents, et enfin contre la grippe, le pneumocoque et le zona si l'on a plus de 65 ans. C'est enfin l'occasion de rappeler le dépistage des cancers (col de l'utérus, sein, colorectal, prostate) dont certains programmes généralisés concernent les 50 ans et plus. » ■ **Propos recueillis par E. G.**



Transmettre l'espoir de vaincre le cancer

Léguez à l'Institut Curie,
1^{er} Centre français de recherche
en cancérologie

Transmettre tout ou une partie de ses biens à l'Institut Curie, premier centre français de recherche en cancérologie, est un formidable message d'espoir pour tous ceux qui luttent contre le cancer.

En soutenant les efforts de l'Institut Curie, fondé par Marie Curie, vous effectuez un geste de générosité envers les générations futures, vous donnez aux chercheurs et médecins les moyens de prendre le cancer de vitesse et associez votre nom à ce combat pour la vie.



LEGS - DONATIONS - ASSURANCES-VIE

www.curie.fr

institut**Curie**

 Ensemble, prenons le cancer de vitesse.

Pour tout renseignement contacter Catherine Ricatte
Institut Curie : 26, rue d'Ulm - 75248 Paris Cedex 05
01 56 24 55 34 - catherine.ricatte@curie.fr

« Il n'y a pas d'hormone de jeunesse »

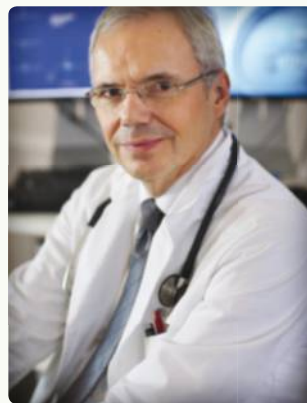
Christophe de Jaeger PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MÉDECINE ET PHYSIOLOGUE DE LA LONGÉVITÉ, AUTEUR DE « LONGUE VIE » AUX ÉDITIONS TÉLÉMAQUE

« Avec l'âge, le taux de certaines hormones diminue ou leurs récepteurs deviennent moins actifs. La question qui se pose est de savoir s'il est nécessaire d'intervenir ou non sur cette carence physiologique. La réponse demeure individuelle. Si l'on décide par exemple d'agir au moment de la ménopause avec un traitement hormonal, pourquoi uniquement sur

ces hormones ? Combien de temps ? Il faut tenir compte des consensus médicaux mais aussi de la volonté de chaque personne. Aucune hormone, ne peut être présentée comme l'hormone de jeunesse, comme l'a été la DHEA. Il est impossible de répondre à une problématique aussi complexe que le vieillissement avec une seule hormone. Mais à

partir de cinquante ans, il est possible d'améliorer son capital santé. Cela passe par l'exercice physique, la nutrition... mais aussi par la correction des carences hormonales. Mais nous entrons alors dans la complexité qui nécessite du sur-mesure et un accompagnement médical car les dosages vont varier en fonction des individus. » ■

Propos recueillis par A.P.



EDITIONS TÉLÉMAQUE

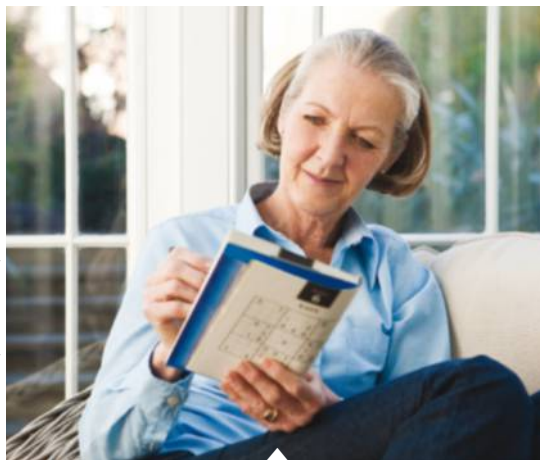
► indirecte. Si l'on n'en abuse pas et si l'on se protège correctement, la lumière du soleil est en effet indispensable à notre organisme. Elle permet de synchroniser notre horloge biologique dont dépendent notamment la qualité du sommeil, le fonctionnement des hormones et des défenses immunitaires, l'appétit... mais aussi l'humeur ! En hiver, la lumière naturelle (ou la luminothérapie) est un bon moyen de lutter contre la dépression saisonnière. Enfin, sans elle, pas de synthèse de vitamine D, dont on sait qu'elle est essentielle pour conserver des os et des muscles en bonne santé. Sachez cependant que le degré d'exposition au soleil nécessaire à la production d'une quantité suffisante de vitamine D dépend de la couleur de la peau, de l'âge, de l'alimentation et de l'intensité du soleil.



Secouez-vous les méninges

NOTRE NIVEAU D'ÉDUCATION, NOTRE PROFESSION, nos activités de loisirs vont déterminer notre « réserve cognitive ». Mais cette dernière peut évoluer tout au long de la vie grâce à la plasticité cérébrale - cette capacité du cerveau à générer de nouvelles connexions neuronales et synaptiques et à renforcer ainsi certains circuits, voire à

ALYSTOMLINSON / IMAGE SOURCE / AFP



En pratiquant des activités cérébrales complexes comme le Sudoku, le cerveau peut être « musclé » à tous les âges.

en créer de nouveaux lorsqu'il est stimulé. Notre cerveau peut donc être « musclé » à tous les âges.

Apprendre le mandarin, faire des mots croisés, des Sudoku, se lancer dans la programmation informatique... Toute activité cérébrale complexe va permettre d'entretenir cette réserve. À condition de varier les activités pour mobiliser différentes régions du cerveau et de maintenir une vie sociale intense. Participer à des associations ou à des clubs apparaît en effet indispensable pour maintenir un cerveau en forme. À l'inverse, une étude de l'Inserm a mis en évidence une accélération du déclin cognitif chez les personnes souffrant de troubles de l'audition, notamment en raison de l'isolement social qu'ils entraînent.



Ne restez pas seul

D'APRÈS LES RÉSULTATS 2010 DU BAROMÈTRE SANTÉ INPES (Institut national de prévention et d'éducation pour la santé), les 55-85 ans sont en meilleure santé physique et psychique lorsqu'ils voient régulièrement leurs proches et participent à des activités de groupe ou de loisirs. Des recherches médicales ont en effet montré que cela protège notamment de la dépression mais aussi des maladies neurodégénératives comme la maladie d'Alzheimer. Et en la matière, mieux vaut privilégier les interactions sociales directes aux modes de communication modernes : pratiquez des activités en groupe, artistiques, culturelles ou sportives, voyez régulièrement vos amis et vos proches !



N'oubliez pas le sexe

C'EST UN MERVEILLEUX ÉLIXIR DE JOUVENCE ! Mieux qu'un anti-rides ou un lifting. Trois rapports sexuels par semaine donneraient en effet l'apparence d'avoir entre sept et douze ans de moins. C'est la ►

Paul Dequidt

TORRÉFACTEUR ET DÉCOUVREUR
D'ARABICAS RARES



Dégustez
sans engagement,
un café unique,
Soleil Matinal, fruit
de nos **67** expéditions
dans les pays du café.

Paul Dequidt avant de survoler
les plantations de café

Découvrez vite mon café rare Soleil Matinal...

1 KILO ARABICA

Arabicas rares ou Arabica Cerrado Décaféiné

1 KILO ARABICA

Arabicas rares ou Arabica Cerrado Décaféiné

+



hauteur
21 cm

14€
au lieu de
24€

EXCEPTIONNEL
sachet sous vide d'air
avec valve interne



OFFERT

Prix tarif café : 24€ pour 1 kilo soit 6€/250g moulu ou grains ou 3€/125g dosettes souples
Prix découverte : 14€ pour 2 kilos soit 1€/75/250g moulu ou grains ou 0€/88/125g dosettes souples

Suivez mes "aventures café" sur mon Blog
blog.pauldequidt.com **693** photos



Aussi, en dosettes souples

x16



— 34 ans, à la quête d'arabicas précieux, à la rencontre de peuples rares —

L'Éthiopie, berceau
de l'humanité
et du café



Notre aïeule Lucy



Femme à plateau Surma



Femme Amhara dans les caféiers

S.A. Paul DEQUIDT Torrificateur au cap. de 928.800€ - R.C. Dunkerque B 311 995 740 - 2101, voie romaine - 59727 WORMHOUT Cedex - Tél : 03.28.23.02.02 - email : julie@pauldequidt.com
www.pauldequidt.com. Mandat-cash non accepté. Droit d'accès et de rectification aux informations vous concernant et droit de rétractation de 15 jours. Votre colis vous est remis par votre facteur ou par livreur.

Offre Découverte **sans engagement, uniquement réservée aux nouveaux clients**, 1 seul colis par foyer. D (08/16)

OFFRE DÉCOUVERTE à retourner à **Paul DEQUIDT Torrificateur 59727 WORMHOUT cedex**

code rapidité
7411

☒ **OUI, je suis NOUVEAU CLIENT.**

Envoyez-moi mon colis d'essai **sans engagement** :

2 KILOS DE CAFÉ RARE

dont 1 KILO offert

14€

- ☐ **ARABICAS rares moulu** (réf. 5665)
- OU** ☐ **ARABICAS rares grains** (réf. 5666)
- OU** ☐ **Arabica Cerrado DÉCAFÉINÉ moulu** (réf. 5667)
- OU** ☐ **ARABICAS rares en dosettes souples** (réf. 5668)
- OU** ☐ **Arabica Cerrado DÉCAFÉINÉ en dosettes souples** (réf. 5669)

☐ Mme ☐ Mlle ☐ M.

Nom

Prénom N°

Rue

Code postal

Ville

Ma date de naissance

Mon email

Mon N° de téléphone (uniquement pour faciliter la livraison)

Je règle seulement 14 euros

- ☐ par chèque signé
à l'ordre de Paul DEQUIDT Torrificateur
- ☐ par carte bancaire

Date d'expiration



par téléphone au
03 28 23 02 02
du lundi au vendredi de 9H à 15H30



sur Internet 24H/24 - 7 jours/7
www.pauldequidt.com
en indiquant mon code rapidité 7411

GARANTIE 12 MOIS : ENCHANTÉ OU REMBOURSÉ

Si votre café arabica rare n'est pas le meilleur que
j'ai dégusté, je vous retourne 1 kilo seulement
et vous me remboursez 14€.



PHANIE/ AFP

► conclusion d'une très sérieuse étude menée pendant dix ans auprès de 3500 hommes et femmes d'Amérique et d'Europe. Il faut dire que l'activité sexuelle diminue le stress, améliore le sommeil et le moral. Mais ce n'est pas tout, c'est aussi un formidable moyen de prévention des maladies. Ainsi, pour les hommes, éjaculer plus de 20 fois par mois réduirait le risque de cancer de la prostate de 20 % par rapport à ceux qui ne le font que huit fois selon des données collectées auprès de 32 000 hommes suivis entre 1992 et 2010 dans le cadre de l'étude de cohorte HPFS (Health Professionals Follow-up Study). L'activité sexuelle protégerait aussi les femmes du cancer du sein sous

La sieste est recommandée en particulier à ceux qui souffrent de troubles du sommeil nocturne.

l'effet de la libération d'ocytocine lorsque les mamelons sont stimulés au cours de l'orgasme. Par ailleurs, la production d'ocytocine va stimuler à son tour la sécrétion de la dopamine et d'endorphines, ces hormones du plaisir et du bien-être. D'où une moindre sensibilité à la douleur... Enfin, si cette activité physique, lorsqu'elle est pratiquée de manière épisodique, accroît légèrement le risque d'attaque cardiaque*, sa pratique régulière est également protectrice contre l'infarctus du myocarde... Ce qui est vrai de tout sport. C'est pourquoi, les cardiologues ne condamnent pas les ébats au prétexte qu'ils font courir un risque cardiaque. Les experts recomman-

dent cependant aux patients victimes d'un accident cardio-vasculaire de demander à leur médecin traitant s'ils peuvent reprendre une activité sexuelle.

* Étude Jama (*Journal of the American Medical Association*) de 2011



Dormez !

DIFFICILE DE RETROUVER UN RYTHME DE SOMMEIL lorsqu'on rentre de vacances et que le quotidien n'est plus le même. Et c'est encore plus dur avec l'âge ! Pourtant, le sommeil est une composante essentielle de notre santé. Il a été montré en effet qu'un déficit peut favoriser le risque de certaines pathologies : hypertension artérielle, dépression, prise de poids, diabète, infections virales ou parasitaires, troubles gastro-intestinaux... Si vous avez des difficultés à dormir la nuit, n'hésitez pas à faire une courte sieste (20 min environ) en début d'après-midi : de nombreux spécialistes en vantent les bienfaits ! Si vous vous réveillez fatigué malgré une longue nuit, ou que vous somnolez toute la journée, parlez-en à votre médecin : derrière des troubles peuvent se cacher un syndrome d'apnée du sommeil (avec de nombreuses conséquences néfastes sur la santé) ou un début de dépression. Certains troubles particuliers peuvent même être des signes précurseurs d'une maladie neurodégénérative.

Pour bien dormir, sachez écouter votre corps et créer un environnement propice : maintenez un rythme le plus régulier possible, en particulier pour le lever ; ne résistez pas à la fatigue ; évitez les repas trop copieux et l'abus d'alcool le soir ; évitez les activités stimulantes une heure avant de vous coucher ; adoptez des rituels qui agissent comme un conditionnement et raccourcissent la durée d'endormissement ; évitez les stimulations auditives ou visuelles dans votre chambre (télévision, ordinateurs, téléphone, tablette...) et privilégiez une température tempérée (18-20 °C). ■

Stimulez vos 5 sens

Audition et vue : faites-les contrôler régulièrement car en cas de perte d'acuité (presbytie ou presbycusie), plus on appareille tôt et plus il est facile de s'adapter à ce nouvel équipement. D'autant qu'une mauvaise ouïe ou des problèmes de vue peuvent conduire à un

certain isolement social et à une perte d'autonomie. **Goût** : avec l'âge, il évolue et l'on peut ressentir une certaine perte, qui conduit à saler davantage ses aliments. Il faut pourtant être vigilant, car un excès de sel peut être facteur d'hypertension artérielle. Pour relever le goût des plats, privilégier les épices et herbes aromatiques ! **Odorat** : lui aussi évolue avec l'âge, et il n'est pas rare que les personnes âgées perdent

une part importante de l'odorat, ce qui peut conduire à une baisse d'appétit ou même à des risques d'accidents domestiques. Cette perte peut également signaler d'autres pathologies à dépister. Mieux vaut donc en être conscient. **Toucher** : ne négligez pas le contact physique, à tout âge il a une fonction apaisante : prendre quelqu'un dans ses bras, caresser un animal domestique, toute occasion est bonne ! ■ E. G.

La Fondation pour
la Recherche Médicale
vous informe



MALADIE D'ALZHEIMER

UNE PENSÉE
POUR NE PAS OUBLIER

Maladie d'Alzheimer, un défi pour la recherche



En 1906, le Dr Aloïs Alzheimer est le premier à décrire un cas de démence progressive, associée à des lésions dans le cerveau. Il faudra attendre 60 ans pour que cela soit considéré comme une maladie et non un vieillissement normal, et 20 ans encore avant que les chercheurs s'intéressent enfin au cerveau des malades.

Pour beaucoup, cela reste une maladie taboue, associée aux troubles de la mémoire. Mais cette maladie est bien plus complexe et sa dimension sociale est considérable.

Le point sur la maladie d'Alzheimer

La maladie d'Alzheimer entraîne une destruction progressive et irréversible des neurones dans le cerveau. Peu de choses sont connues sur la maladie. Elle est multifactorielle, avec des origines à la fois génétiques, physiologiques et environnementales. Les patients présentent deux types de lésions cérébrales dues à l'accumulation anormale de protéines, qui provoque la mort des neurones : les plaques séniles (agrégats de peptide bêta-amyloïde) et les dégénérescences neurofibrillaires*.

La détérioration des neurones se manifeste dans un premier temps par des troubles de la mémoire, du langage, des difficultés à effectuer certains gestes et par la perte de reconnaissance des objets et des visages. Ces troubles n'apparaissent pas brutalement, mais insidieusement et lentement. Ils peuvent évoluer conjointement ou de façon isolée. La propagation des lésions dans le cerveau aggrave les symptômes : perte d'autonomie cognitive puis physique, troubles du comportement (apathie, dépression), altération des interactions sociales et isolement, dégradation des fonctions vitales.

**Dégénérescences neurofibrillaires : accumulation à l'intérieur des neurones de filaments pathologiques, des fibrilles constituées de protéines appelées tau.*

Un problème majeur de santé publique

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, on estime aujourd'hui à 35,6 millions le nombre de personnes dans le monde atteintes de démences : la maladie d'Alzheimer est impliquée dans 60 à 70 % des cas. En France, 900 000 personnes sont atteintes de maladie d'Alzheimer et 225 000 nouveaux cas sont diagnostiqués chaque année, soit 1 personne toutes les 3 minutes ! En raison du vieillissement de la population, en 2020, 1 Français de plus de 65 ans sur 4 devrait être touché par la maladie d'Alzheimer. D'une manière générale, elle apparaît après 65 ans et de façon non prédictive car seul 1,5 à 2% des cas sont héréditaires. Elle touche plus de femmes que d'hommes. C'est la 4^e cause de mortalité en France.

Des pistes de recherches prometteuses

Il n'existe, à l'heure actuelle, aucun traitement pour guérir la maladie d'Alzheimer. Seuls quelques traitements peuvent freiner l'évolution des symptômes. Par ailleurs, des mesures peuvent retarder l'entrée dans la maladie et ralentir sa progression : la prise en charge des pathologies cardiovasculaires et la stimulation des fonctions cognitives. Mais la recherche progresse, et de nombreux axes sont féconds et porteurs d'espoirs : compréhension du fonctionnement du cerveau en conditions normales et pathologiques, développement de nouvelles thérapies, techniques innovantes de diagnostic, tests de molécules novatrices... Certains projets visent par exemple à mieux comprendre comment les peptides bêta-amyloïdes s'accumulent dans le cerveau, afin de les éliminer ou d'empêcher leur formation ; d'autres portent sur les cellules de soutien qui entourent les neurones et assurent leur protection, l'idée étant à terme de développer des traitements capables de protéger les neurones et ralentir ainsi l'évolution de la maladie... Une recherche sur tous les fronts qui pourra mener au développement de traitements innovants.

► en savoir plus sur frm.org

FONDATION POUR LA RECHERCHE MÉDICALE, 54 RUE DE VARENNE 75007 PARIS

Fondation reconnue d'utilité publique, agréée par le Comité de la Charte du don en confiance et habilitée à recevoir des dons, legs, donations et assurances-vie.



Le jeu vidéo en immersion totale

L'industrie du jeu vidéo est en pleine effervescence : budgets faramineux pour créer des « superproductions », consoles toujours plus puissantes, sensations inédites avec l'avènement de la réalité virtuelle... Un secteur qui pèse désormais plus lourd que le cinéma.

Par Damien Hypolite

« **The Division** », du français Ubisoft, a nécessité quatre ans de travail et plusieurs centaines de développeurs, scénaristes, dessinateurs et ingénieurs, répartis dans quatre studios à travers le monde.



UBISOFT

NEW YORK, PREMIER JOUR DES SOLDES. Alors que des milliers de consommateurs se ruent dans les grands magasins, une mystérieuse grippe fait son apparition. Son vecteur : les billets de banque. Extrêmement contagieuse et virulente, la « grippe du dollar » plonge rapidement la ville dans la panique. Les victimes se comptent en centaines de milliers, les hôpitaux sont débordés et les autorités peinent à mettre en place une quarantaine. L'épidémie

fait place au chaos et des bandes armées prennent le contrôle de Manhattan. Alors que les forces de l'ordre sont dépassées, une unité d'élite se voit attribuer la lourde tâche de reprendre le contrôle de la cité... Tout cela n'est heureusement que pure fiction, synopsis du dernier jeu vidéo à succès du studio français Ubisoft : « **The Division** » a pulvérisé au printemps tous les records de vente. Il aura fallu quatre ans et le travail de plusieurs centaines de développeurs, scénaristes, dessinateurs, artistes et ingénieurs pour livrer ce jeu d'action jouable à plusieurs par Internet. Et son exceptionnelle réussite signe la consécration des superproductions dites vidéoludiques qui sont désormais légion dans cette industrie.

Dotés de budgets colossaux — on parle de 80 millions de dollars pour « **The Division** » —, les jeux vidéo relèguent désormais le cinéma au rôle de figurant et se hissent régulièrement en tête des classements des produits culturels les plus vendus, notamment

TECHNOLOGIE

La réalité augmentée envahit le réel

Si la réalité virtuelle (RV) est à la mode, sa cousine la réalité augmentée est encore discrète. Mais cela devrait changer rapidement. Promesse d'un futur que l'on a pour le moment entrevu uniquement au cinéma, la réalité augmentée va faire entrer les hologrammes, ces images qui viennent se superposer au monde réel, dans la vie de tout un chacun ! Chef de file de cette révolution, Microsoft avec l'Hololens, son casque tout droit sorti d'un

film de science-fiction, commercialisé depuis mai. Porté sur le haut de la tête comme une couronne, il possède une visière transparente où s'affichent des éléments virtuels qui semblent s'intégrer dans le monde réel environnant. La position des objets 3D est calculée par rapport à la géométrie de la pièce grâce à des caméras et des capteurs. Les hologrammes prennent ainsi parfaitement place dans le décor. Contrairement aux visiocasques de réalité virtuelle, l'Hololens

fonctionne sans fil, ce qui permet une totale liberté de mouvement dans la pièce. Microsoft ne se contente pas d'afficher des hologrammes, il permet également de les manipuler et d'interagir avec eux. Pour cela, il suffit de « pincer » les images du bout des doigts pour les sélectionner. Les possibilités sont multiples et l'industrie du jeu vidéo s'est déjà emparée du dispositif. Le studio français Asobo a ainsi conçu un jeu d'enquête policière qui prend place dans le salon du joueur.

en France. Un phénomène d'une telle ampleur que les multinationales se disputent aujourd'hui les parts d'un gâteau estimé à plus de 100 milliards de dollars (2015), deux fois plus que l'industrie du grand écran.

Course à la puissance

Si les éditeurs de jeux vidéo et les studios se livrent à une surenchère sur le front de la créativité ou de l'originalité, les constructeurs de consoles mènent une course à la puissance. Trois géants se livrent désormais une guerre sans merci : les japonais Nintendo le vétéran et Sony, l'éternel agitateur, et l'américain Microsoft, l'éternel outsider. S'ajoute à cette bataille des consoles de salon celle autour du jeu vidéo sur ordinateur, qui fait vendre chaque année des composants électroniques par wagons entiers.

C'est à qui affichera le plus grand nombre de couleurs, la plus grande vitesse de traitement ou, depuis l'apparition des graphismes en 3D, le plus grand nombre de poly- ►

100
milliards de
dollars

Le chiffre d'affaires mondial des jeux vidéo, deux fois plus que celui du cinéma.



S. DE SAKUTIN/APP

INTERVIEW

PHILIPPE FUCHS,

PROFESSEUR À MINES PARISTECH,
SPÉCIALISTE DE L'IMMERSION
VISUELLE*

« Les visiocasques ont encore une bonne marge de progression »

Que pensez-vous du récent engouement pour la réalité virtuelle ?

Si la réalité virtuelle existe depuis vingt-cinq ans, sa démocratisation est nouvelle. Même si le coût de l'équipement reste assez élevé, les professionnels du divertissement se sont déjà emparés de la technologie : ceux des jeux vidéo bien sûr, où l'interaction et l'immersion seront plus fortes, mais aussi ceux du cinéma. Le public deviendra un « spectateur » qui ne se contentera plus de suivre une histoire mais la vivra complètement. Ce sera aux créateurs et aux réalisateurs de juger de l'utilité d'une immersion visuelle et d'une interactivité plus poussées dans leurs créations. Mais la réalité virtuelle n'est pas une baguette magique, elle ne transformera pas une œuvre médiocre en chef-d'œuvre.

Quels défis devra relever cette technologie pour réaliser sa réelle « démocratisation » ?

Techniquement, les visiocasques ont encore une bonne marge de progression. Le champ de vision, par exemple, qui est de 100° dans les casques actuels alors que l'œil humain voit à 180°. La résolution aussi devra être améliorée. Les visiocasques devront en outre s'adapter au plus grand nombre et éliminer tout risque de mal des transports. Ce lancement dans le grand public permettra de collecter les données, pour le moment inexistantes, nécessaires à la création de normes et de règles sanitaires d'usage.

Que sait-on des risques liés à la réalité virtuelle ?

Pour le moment, pas grand-chose. La technologie ayant été jusqu'ici confidentielle, on manque de données. Toujours est-il que les visiocasques restent des instruments optiques placés à quelques centimètres des yeux de l'utilisateur. Si un usage occasionnel ne présente aucun risque, qu'en est-il d'une utilisation prolongée ? Difficile de le dire aujourd'hui. Qui dit immersion plus grande dit également risques d'addiction et d'isolement plus grands, mais là encore, les données manquent du côté des neurosciences. **Propos recueillis par D. H.**

*Auteur des *Casques de réalité virtuelle et de jeux vidéo*, Presses des Mines, 2016.

► gones, synonymes d'un graphisme plus fin et donc plus réaliste. Certains s'y sont d'ailleurs brûlé les ailes, comme le japonais Sega, concurrent direct de Nintendo dans les années 1990, qui a dû brutalement cesser son activité de fabricant de consoles à la suite de plusieurs mauvais choix technologiques. Quant à Nintendo, si la société nippone a su rester un acteur majeur du secteur en proposant des systèmes fondés sur le mouvement ou sur la mobilité des consoles, elle a complètement occulté la course à la puissance. C'est donc entre Sony et Microsoft que se joue désormais la lutte : la Playstation 4 du premier et la Xbox One du second affichent des caractéristiques techniques hors normes. Ces deux consoles, à l'architecture électronique proche de celle d'un ordinateur, embarquent des processeurs dont la cadence est huit fois supérieure à celle de la génération précédente, capable d'afficher des graphismes en full HD (full High Definition) à 1080p, soit l'équivalent d'un disque Blu-Ray. Devenue un argument marketing, la surenchère n'est d'ailleurs pas près de s'arrêter ! En effet, alors que les constructeurs avaient habitué les consommateurs à la naissance d'une nouvelle console tous les six ans, la donne est en train de changer. La Playstation 4 et la Xbox One, sorties toutes deux en 2013 et donc considérées en milieu de vie selon les anciens standards, vont être mises à niveau avec des ver-



WOLCIEH WANDZEL

sions sur-vitaminées, et non plus repensées. Une pratique réservée jusqu'alors au marché des smartphones. Ce choix donnera-t-il satisfaction à des joueurs supposés avides de performances ou servira-t-il surtout à remplir des caisses déjà bien pleines ?

La réalité virtuelle s'invite dans les smartphones

Certains observateurs y voient surtout une manière pour l'industrie de préparer la prochaine révolution, qui s'annonce très gourmande en puissance : la réa-

HISTOIRE

Le jeu vidéo, invention d'un physicien

Les débuts du jeu vidéo furent modestes. En 1958, à Brookhaven dans l'État de New York, William Higinbotham, un physicien de 48 ans, se gratte le crâne : la journée « portes ouvertes » de son laboratoire approche et il cherche une idée pour retenir l'attention des visiteurs. Il imagine alors une simulation de tennis sur l'écran d'un oscilloscope. « Tennis for two » permet à deux joueurs de s'affronter en se renvoyant une balle par-dessus un filet. Développé à l'aide d'un collègue en quelques semaines, le jeu devient cette année-là une attraction incontournable.



La folie du sport électronique a gagné tous les continents : ici le tournoi All Stars League of Legend, à Paris en 2014.

COMPÉTITION

Ferveur collective pour le sport électronique

45 000 personnes dans les tribunes, 10 millions devant leurs écrans : ces chiffres ne sont pas ceux de la dernière coupe d'Europe de football en France, mais ceux de la finale de la coupe du monde de sport électronique (E-Sport) à Séoul (Corée du Sud) en 2014. Les disciplines sont variées, mais le jeu phare, « League of Legend », a vu s'affronter deux équipes de 5 joueurs dans une arène virtuelle. Entraînements, exercices, stratégies : le sport électronique n'a rien à envier aux autres ! Si la compétition est virtuelle, les récompenses sont bien réelles, les dotations pour les tournois atteignant parfois le million de dollars.

lité virtuelle (RV), qui immergera le joueur dans des univers en trois dimensions à l'aide de visiocasques. Certes, la RV ne date pas d'hier. Si son exploitation pour le grand public fait parler d'elle surtout depuis deux ans, les professionnels l'utilisent... depuis vingt-cinq ans ! C'est par exemple le cas chez Peugeot, dont certains collaborateurs travaillent avec des visiocasques depuis de nombreuses années afin de simuler la conduite dans les modèles de la marque. Ce qui est nouveau, en revanche, c'est son arrivée rapide dans les bureaux, salons et smartphones. Les technologies se miniaturisant, le prix des composants ne cessant de baisser, quelques mordus d'électronique se sont en effet lancés le défi de glisser des casques sur la tête de qui voudra faire l'expérience de cette réalité virtuelle. Parmi ces passionnés, l'Américain Palmer Luckey qui, après une campagne de financement

participatif réussie à hauteur de 2,4 millions de dollars en 2012, crée avec une petite équipe un premier prototype de l'Oculus Rift, un visiocasque à destination du grand public. Son appareil attire rapidement les investisseurs et notamment Mark Zuckerberg, fondateur de Facebook. À peine deux ans plus tard, la société de Luckey est rachetée par le réseau social pour 2 milliards de dollars,



Un « gamer » plongé dans le jeu en réalité virtuelle « Farpoint » lors de l'Electronic Entertainment Expo à Los Angeles, en 2016.

une somme jugée astronomique à l'époque et qui suscite des interrogations tant la réalité virtuelle semble alors un secteur de niche. Est-ce l'intérêt de Facebook qui a soudainement mis le feu aux poudres ? Toujours est-il qu'aujourd'hui, les visiocasques ont envahi la high-tech, et rares sont les sociétés qui n'ont pas flirté avec la technologie à la mode. Google, Samsung, HTC, Microsoft et Sony ont toutes plus ou moins mis un pied dans la RV. Sony plus que les autres : son visiocasque dédié aux jeux vidéo, le Playstation VR, sera lancé le 13 octobre. Plus frileux, le concurrent Microsoft ne s'est pas encore lancé à corps perdu dans la bataille, annonçant juste une compatibilité avec certains casques. La réalité virtuelle sera-t-elle l'avenir du jeu vidéo ? La réponse ne devrait pas tarder : la présence ou l'absence de visiocasques sous le sapin à Noël pourrait sceller le destin de la réalité virtuelle récréative. ■

La « blockchain », nouvelle donne des échanges sur Internet

Cette technologie collaborative permet de sécuriser les échanges ou les transactions en monnaie virtuelle tel le bitcoin, sans contrôle central et sans intermédiaire. Une révolution.

UN FICHIER PDF ET UNE TRÈS LONGUE SUITE de chiffres et de lettres. C'est sous cette forme inédite qu'une centaine d'étudiants de l'École supérieure d'ingénieurs Léonard-de-Vinci (Esilv), située à Courbevoie (Hauts-de-Seine), ont reçu leur diplôme en mai. Une première en France. Loin du traditionnel document papier, le fichier est stocké en *cloud* dans l'espace personnel de l'étudiant sur le site Diploma Report, géré par la start-up française Paymium, et stocké sur des serveurs distants du géant américain Amazon. Ces suites de chiffres et de lettres, appelées *hash*, correspondent à l'identifiant d'une

180 à 200 000 transactions

enregistrées chaque jour dans le monde sur la blockchain utilisée pour le bitcoin

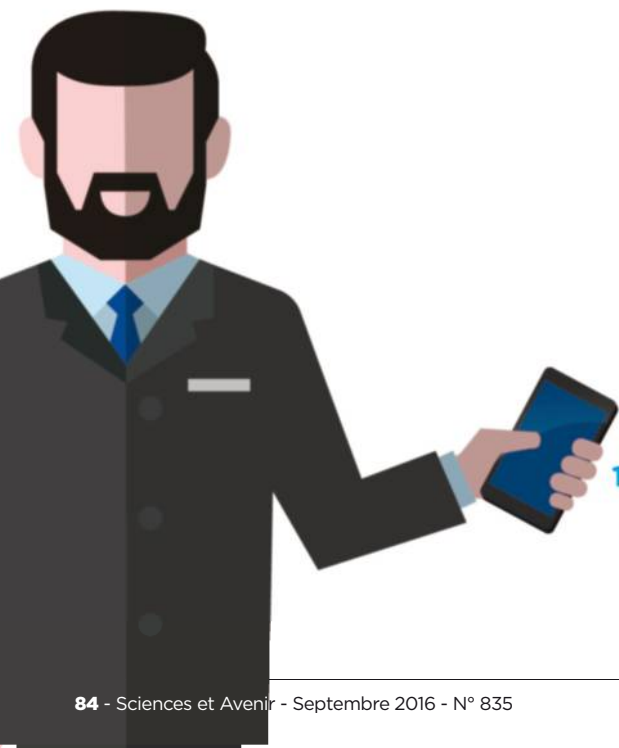
60 Go

La taille de la blockchain, plus qu'un DVD Blu-ray double couche

transaction passée par l'Esilv avec chaque diplômé et garantissent – *a priori* – que ces informations cryptées seront conservées à vie, sans risque de falsification, et consultables à tout moment. Il suffit pour cela d'entrer ce *hash* dans une base de données nommée *blockchain* (chaîne de blocs) pour retrouver aussitôt tout ce qui concerne ce diplôme (organisme émetteur, lieu, mention...). Ainsi, un recruteur peut vérifier l'exactitude d'un CV en le comparant au *hash* fourni par un candidat.

Si, dans ce contexte, cette base de données est utilisée pour de la certification, la première blockchain est liée au bitcoin, cette monnaie

électronique alternative apparue en 2009, pour laquelle il n'existe ni autorité centrale ni intermédiaire. Elle désigne la base de données mondialisée sur laquelle tous les échanges monétaires, cryptés et anonymisés, sont enregistrés. Un système qui trouve de plus en plus d'intéressés, à commencer par les banques : elles sont désormais plus d'une quarantaine, dont en France la Société générale, à avoir rejoint le consortium R3 constitué dès 2015 à New York par neuf établissements (dont Goldman Sachs et Barclays) afin d'évaluer cette technologie. Car celle-ci permet aux établissements bancaires de finaliser tous types d'opérations (prêts,



1. Création d'une transaction

L'émetteur et le récepteur concluent une transaction en utilisant une technologie de chiffrement authentifiant leurs identités.



2. Mobilisation du réseau

La transaction entre anonymement dans un « bloc ». Tous les ordinateurs du réseau blockchain utilisent leur puissance de calcul pour lui attribuer un identifiant unique obéissant à certaines règles.



achats, transferts de fonds...) sans passer par un organe central de contrôle, ni un complexe réseau de garanties par des tiers, ni une liste interminable de conditions particulières. D'où une baisse des coûts. En France, la Caisse des dépôts a lancé une initiative similaire et Emmanuel Macron, ministre de l'Économie et des Finances, a inscrit en mars l'usage de la blockchain dans le code monétaire et financier pour permettre à des entreprises ou des particuliers d'accorder des prêts aux PME (les « minibons »).

Le principe s'inspire des réseaux d'échanges de fichiers dits *peer-to-peer* (pair à pair) : tous les ordinateurs d'un même réseau blockchain sont reliés et synchronisés par leurs journaux d'activité (« logs »). Le tout étant accessible à qui le souhaite à partir de son ordinateur personnel. « C'est comme si tout le monde disposait du même livre de compte consultable à tout instant », explique Christian Faure, partenaire chez Octo Technology, un cabinet de conseil en technologies de l'information et de la communication. Car le « secret » de

DÉJÀ DE MULTIPLES DOMAINES D'APPLICATION

Propriété intellectuelle

► Une création, ses conditions d'exploitation et l'auteur sont associés à un identifiant de la blockchain.

Contrat

► Les conditions et les informations relatives aux deux parties sont enregistrées dans le registre.

Facturation

► La validation d'une facture déclenche automatiquement le paiement d'une des deux parties.

Identité

► Des données personnelles rassemblées dans un bloc servent pour signer, se connecter, prouver son identité.

Vote

► L'identité du votant et le contenu du vote sont envoyés sur le réseau et validés par lui.

la réussite du réseau réside dans sa forme collaborative : tous les participants — qui commencent par échanger de l'argent véritable contre des bitcoins sur des sites dédiés afin de se constituer un portefeuille virtuel — ont un rôle à jouer, tout particulièrement dans le cryptage de ces transactions.

La puissance de chiffrement de milliers d'ordinateurs

Pour sécuriser les échanges, les utilisateurs recourent en effet à la technique dite du « chiffrement asymétrique à clé publique », un principe qui n'a, en lui-même, rien d'innovant. Il consiste, pour un émetteur qui veut créer une transaction, à utiliser une clé publique de chiffrement, capable de produire une signature électronique unique pour chaque opération, et à la transmettre au destinataire. Celui-ci, de son côté, dispose d'une clé privée lui permettant de recevoir les fonds, qui lui appartient en propre et lui assure d'être le seul à pouvoir réceptionner l'envoi.

Dans la blockchain, les transactions sont regroupées pour

constituer un fichier appelé bloc. Toutes les informations associées à ce bloc (dates, montants, identifiants des expéditeurs et destinataires...) passent au travers d'une fonction cryptographique dite de hachage, qui les condense en une empreinte binaire unique (*hash*). C'est là que réside l'originalité de la technique : dans son aspect collaboratif. Les milliers de machines du réseau consacrent en effet toute leur puissance de calcul à tenter de créer ce *hash* qui — contrainte supplémentaire — doit impérativement commencer par un nombre de zéros régulé automatiquement. Pour générer un *hash* valable, les ordinateurs utilisent la méthode dite de la force brute qui consiste à tester à la volée, en quelques dixièmes de seconde, des milliards de combinaisons. S'instaure ainsi une sorte de compétition entre les machines des participants au réseau, fondée sur la rapidité d'exécution (le « minage »). Le « mineur » (l'utilisateur) ayant créé le *hash* se voit récompensé par un gain en bitcoins, soit 12,5 bitcoins en juillet 2016, l'équivalent de ►

3. Validation

Une fois l'identifiant produit par un ordinateur, le bloc est définitivement validé et enregistré dans la blockchain.



4. Chaînage

Le bloc validé intègre l'identifiant du bloc précédent puis celui du bloc suivant. Se crée ainsi une chaîne de blocs liés entre eux, assurant l'invulnérabilité de l'ensemble.



MEHDI BENEZZAR POUR SCIENCES ET Avenir





MONNAIE VIRTUELLE

Rareté programmée pour le bitcoin

Le bitcoin (BTC) est une monnaie produite par un algorithme qui en programme la rareté. Au départ, 50 bitcoins étaient émis automatiquement toutes les dix minutes. Mais tous les quatre ans, ce nombre est divisé par deux : 25 en 2012, 12,5 en 2016, 6,25 en 2020, etc. Jusqu'à parvenir, en 2140, à un volume final de 21 millions de bitcoins émis depuis 2009. Le 1^{er} juillet 2016, 1 bitcoin valait 588 €.

► 7350 €..., une partie étant aussitôt consacrée à régler la facture d'électricité, les ordinateurs fonctionnant en permanence ! Dès lors, doté du *hash* adéquat, le bloc peut être enregistré dans la blockchain. Avec, là encore, une nouvelle astuce de sécurisation : ce bloc intègre aussi le *hash* du bloc validé précédemment, le sien s'inscrivant dans le bloc suivant. Ce qui permet de constituer une chaîne de blocs interdépendants qui empêche la falsification des données.

« La force de ce système est que tout le monde participe au renforcement du réseau. Plus il y a de monde, plus

il est consolidé », note Benoît Lafontaine, directeur technique chez Octo Technology. Avec ces systèmes de cryptage et sécurisation, les utilisateurs échappent à tout traçage par un organisme central qui voudrait contrôler les transactions, leur transparence étant censée être garantie par l'accès de tous les utilisateurs à la blockchain. Chacun peut à tout instant savoir qui — du moins quel pseudonyme — a échangé quoi et quand avec qui, et retrouver ces échanges, consulter les contenus de tous les blocs, etc. « La confiance nécessaire au bon fonctionnement de la blockchain est



LE + NUMÉRIQUE

Pour voir la blockchain :
<https://blockchain.info/fr>

d'un type assez étrange puisqu'elle repose sur la surveillance de chacun par tous : on peut tout voir », relève Patrick Waelbroeck, professeur d'économie à Télécom ParisTech.

Sortie de l'univers monétaire, la technologie blockchain commence à envahir de très nombreux secteurs d'activité. Car le bitcoin peut facilement être remplacé par toute autre chose : « Ce peut être, outre un diplôme, un droit de vote, un jeton dans un conseil d'administration, etc. L'empreinte numérique peut servir à certifier n'importe quelle donnée stockée dans une blockchain », ajoute Benoît Lafontaine. Y compris un morceau de musique, un objet à imprimer en 3D, etc., pour lesquels le *hash* servirait à retrouver l'auteur. Voire des titres de propriété : le Honduras et le Ghana ont ainsi entrepris d'utiliser le système pour leur cadastre, même si ces projets sont actuellement à l'arrêt.

Mais le temps est encore aux tâtonnements et aux interrogations face à un environnement un peu nébuleux, sans représentants ni organisme officiel et où règne l'anonymat. Sans oublier les questions juridiques et pratiques. Ainsi, en cas de transactions frauduleuses, tous les utilisateurs seront-ils considérés comme complices, la blockchain étant hébergée sur l'ensemble des ordinateurs du réseau ? L'alourdissement inéluctable de la base de données finira-t-il par poser problème ? Difficile de répondre... quand on ne sait pas qui peut répondre. ■

Arnaud Devillard

LES ORIGINES MYSTÉRIEUSES DE LA BLOCKCHAIN

À la recherche du créateur cryptique

La blockchain et le bitcoin ont tous deux été inventés par un certain Satoshi Nakamoto dans un article publié sur un forum en octobre 2008. Mais sitôt le code du logiciel livré et le bitcoin lancé quelques mois plus tard, Satoshi Nakamoto a disparu. Depuis, les spéculations vont bon train sur son identité réelle. En mars 2014, l'hebdomadaire américain *Newsweek* désignait, sans preuve, un sexagénaire américain du nom de Dorian Nakamoto, contraignant le « vrai » Nakamoto à sortir de son silence pour dénoncer sur Internet l'erreur du



Craig Wright, qui se targue d'être l'inventeur de la blockchain et du bitcoin...



... et Dorian Nakamoto, qui s'en défend.

magazine. En mai, nouveau rebondissement : un Australien, Craig Wright, annonçait être l'inventeur de la crypto-monnaie.

Sans que cet entrepreneur au parcours douteux, en délicatesse avec le fisc de son pays, ne parvienne à prouver ses dires.

« Le bitcoin est un système décentralisé et autorégulé, rappelle Manuel Valente, qui dirige la Maison du bitcoin à Paris. Avoir soudain une figure tutélaire qui donne l'impression d'être une autorité légitime va à l'encontre de tout le principe. »

En clair : plus le mystère persiste, mieux c'est...



MILLER & VALASEK CAPTURE WIRED

Piratée de l'intérieur, la Jeep lancée à 50 km/h a fini dans le fossé.

Les voitures cumulent les failles informatiques

Deux spécialistes américains multiplient les démonstrations de prise de contrôle de véhicules pour alerter les constructeurs sur les défauts de sécurité.

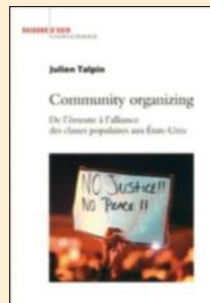
PRENDRE LE CONTRÔLE DES FREINS et du volant d'une voiture connectée : Charlie Miller et Chris Valasek y sont parvenus... et c'est inquiétant. En la matière, les deux hackers sont des récidivistes. En 2013, ils pirataient les systèmes de freinage et de direction d'une Ford Escape et d'une Toyota Prius sur un parking. En 2015, ils contrôlaient à distance diverses fonctions d'une Jeep Cherokee roulant sur autoroute. Fin juillet, cette année, ils ont exposé à la conférence Black Hat, consacrée à la sécurité informatique, une nouvelle méthode pour agir sur les freins et le volant d'une Jeep Cherokee quelle que soit sa vitesse. Depuis plusieurs années, les deux hommes, experts en cybersécurité (actuellement chez Uber), alertent l'industrie automobile sur les vulnérabilités qui affectent les réseaux informatiques équipant les véhicules. Sans compter les intrusions rendues possibles en passant par les connexions Bluetooth.

Leur dernière attaque a une limite : elle a été menée de l'intérieur de la voiture, avec un ordinateur branché à la prise diagnostic, et non à distance. Mais les deux experts n'ont pas manipulé, comme ils le faisaient auparavant, les messages envoyés par l'une ou l'autre des unités électroniques de contrôle (ECU) qui régissent chacune des fonctions. Ils ont neutralisé ces dernières, et c'est leur propre ordinateur qui a envoyé les instructions. Les freins, prétendument impiratables au-delà de 7,5 km/h, ont été désactivés. Et en jouant sur la fonction d'aide au parking, les hackers ont réussi à prendre le contrôle du volant. Résultat : la Jeep lancée à 50 km/h a fini dans le fossé...

Pour Jérôme Billois, expert sécurité chez Wavestone, ces failles sont « assez peu surprenantes : la cybersécurité a toujours été le parent pauvre des entreprises. Or la connectivité est justement un facteur de risques. » Peu rassurant. ■

Arnaud Devillard

Community Organizing



Julien Talpin, Raisons d'agir, 320 p., 20 €

Le « community organizing » est une technique de mobilisation de personnes pour une cause, théorisée dans les années 1930 par Saul Alinsky, sociologue américain. Plus récemment, elle a suscité de l'intérêt car elle a été utilisée par Barack Obama pendant sa campagne présidentielle de 2008. Dans ce livre, facile

d'accès et très documenté, le politologue Julien Talpin raconte son immersion pendant un an dans des quartiers populaires de Los Angeles où cette technique est expérimentée. ■ **I. do O'G.**

Histoire illustrée de l'informatique



Emmanuel Lazard et Pierre Mounier-Kuhn, EDP Sciences, 220 p., 36 €

Un beau livre dédié aux ordinateurs ? Oui, mais pas seulement. Préfacé par Gérard Berry, professeur au Collège de France, l'ouvrage remonte aux méthodes

de calcul de l'Antiquité et parle de concepts (problème de décidabilité) tout autant que de machines (même le métier à tisser Jacquard a sa place !). Mais il est vrai que ces dernières ont la part belle, mises en valeur par une riche iconographie. ■ **A. D.**

Les Affinités



Robert Charles Wilson, Denoël, 300 p., 20 €

À coups d'analyses de données et d'algorithmes, la société InterAlia propose une nouvelle manière de créer des liens sociaux, hors des notions de classe, d'ethnie, de famille, de religion. C'est le point de départ original de ce roman. Sur une intrigue de thriller, l'auteur s'interroge

sur ce qui constitue nos relations et sur quoi se basent nos loyautés. ■ **A. D.**



J.F. FREY / PHOTOPOR / MAXPPP

10 000 femmes enceintes auraient pris de la Dépakine entre 2007 et 2014.

Un antiépileptique provoque-t-il des malformations du fœtus ?

CONTEXTE Ce traitement prescrit aux femmes enceintes souffrant d'épilepsie fait courir des risques importants de malformations fœtales.

LES RÉVÉLATIONS DU CANARD ENCHAÎNÉ du 10 août ont fait du bruit : entre 2007 et 2014, 10 000 femmes épileptiques se seraient vu prescrire pendant leur grossesse un traitement au valproate*, selon les conclusions d'une étude à paraître en septembre et menée par l'Assurance maladie et l'Agence nationale de sécurité du médicament (ANSM). Or le risque tératogène

— susceptible d'entraîner des malformations chez le fœtus — des traitements au valproate est connu depuis plus de trente ans. Déjà en février dernier, l'Inspection générale des affaires sociales (Igas) signalait que le valproate aurait été responsable entre 2006 et 2014 de près de 450 malformations congénitales à la naissance. Commercialisée depuis 1967 par les laboratoires français Sanofi, la Dépakine est avant tout un médicament de référence dans la prise en charge de l'épilepsie. Son action est symptomatique et non curative ; elle permet de réduire l'intensité ou la fréquence des crises d'épilepsie en agissant

sur des neurotransmetteurs dans le cerveau. Dans certains cas, c'est la meilleure option pour réduire le danger constitué par les crises d'épilepsie.

Les risques pour le développement du fœtus et les capacités cognitives de l'enfant commencent à être perçus dès 1983. Les Centres de contrôle des maladies américaines (CDC) estiment qu'il existe une association significative entre une exposition fœtale à l'acide valproïque et le *spina bifida*, une malformation qui consiste en un développement incomplet de la colonne vertébrale. Différentes études ont depuis confirmé ce risque de malfor-

mations fœtales, mais également depuis les années 2000, celui de troubles du développement chez les enfants (psychomoteur, spectre autistique...). Un risque dû au fait que l'acide valproïque est en effet à même de passer la barrière placentaire censée protéger le fœtus.

Des prescriptions limitées depuis 2015

C'est en 2014, suite à une réévaluation du bénéfice-risque à l'échelle européenne, que l'ANSM renforce ses mises en garde concernant l'utilisation des médicaments contenant du valproate : « *Les enfants exposés in utero au valproate présentent un risque élevé de troubles graves du développement (jusqu'à 30 à 40 % des cas) et/ou de malformations congénitales (environ 10 % des cas).* »

Sanofi assure, pour sa part, avoir alerté dès 2003 les autorités sur la nécessité de modifier les notices d'information destinées aux médecins prescripteurs comme aux patientes. Ce sera chose faite en 2006. Depuis 2015, les traitements au valproate ne peuvent officiellement plus être prescrits aux femmes enceintes... « *sauf en cas d'inefficacité ou d'intolérance aux alternatives médicamenteuses* ». Il reste en effet inenvisageable d'empêcher une femme enceinte d'être traitée pour son épilepsie avec le seul traitement efficace. Mais seuls les psychiatres, neurologues et pédiatres sont désormais habilités à ordonner le médicament afin de minimiser les risques de prescription injustifiée. Et ils doivent pour cela obtenir un accord signé des patientes. ■

H. J.

LE MOT DU MOIS

« Chemtrail »

« *Je me suis aperçu qu'il n'y avait aucune étude scientifique qui s'intéressait réellement aux arguments avancés par les partisans de la théorie des chemtrails [traînées chimiques]* », déplore Ken Caldeira, chercheur au département écologie de l'institution Carnegie pour la science, aux États-Unis. Or, cette théorie conspirationniste selon laquelle des avions seraient utilisés pour répandre des produits chimiques dans l'atmosphère et sur les populations, a le vent en poupe. Ce chercheur et trois confrères ont donc rassemblé 77 spécialistes des traînées de condensation, de la pollution atmosphérique et de la redéposition des particules à qui ils ont fait expertiser les photos et rapports d'analyse présentés comme autant de preuve de l'existence d'un programme secret d'épandage massif. Verdict : 98,7 % des experts interrogés estiment que les arguments des partisans de la théorie des chemtrails sont erronés ou insuffisamment documentés pour constituer une quelconque preuve. « *L'objectif de cette étude n'est pas de faire changer d'avis les fanatiques de ces théories, mais de rendre accessible à ceux qui doutent, une véritable étude scientifique sur le sujet* », précise Ken Caldeira. ■

E. L.

Watson a-t-il diagnostiqué un cancer rare ?

CONTEXTE Le super-ordinateur d'IBM a contribué au diagnostic et à la mise en place du traitement d'une patiente atteinte d'une leucémie rare.

EN 2011, LE SUPERCALCULATEUR WATSON d'IBM avait fait la une des journaux. À l'époque, il avait réalisé un petit exploit, qui n'avait rien de médical : il avait battu, par deux manches sur trois, deux des meilleurs champions humains de Jeopardy, un célèbre jeu télévisuel américain où le candidat doit trouver la question correspondant à une réponse donnée. Il entraînait ainsi dans la catégorie des machines qui ont surpassé l'humain dans les jeux de réflexion ou de stratégie comme les dames ou le go.

Mais jouer au Jeopardy n'est pas la seule activité de Watson. Depuis 2015, il participe à la recherche sur le cancer dans le cadre d'un partenariat avec quatorze cliniques et instituts spécialisés notamment dans les lymphomes, les mélanomes, le cancer du pancréas, des ovaires, du cerveau, du poumon et du sein. Grâce à lui, les analyses de l'ADN des tumeurs sont plus rapides et il aide aussi à déterminer le traitement le mieux approprié chez un patient donné. À cette fin, il est capable de comprendre un dossier médical complet avant de le comparer à des millions d'autres, contenus dans sa base de données. C'est ainsi, selon la télévision publique japonaise NHK, que le super-ordinateur serait parvenu à résoudre un



Watson participe à la recherche sur le cancer depuis 2015.

cas clinique complexe. Celui d'une patiente de soixante ans, admise à l'hôpital pour une forme de leucémie que les médecins de l'Institut des sciences médicales de Tokyo échouaient à soigner. Ils ont alors décidé d'avoir recours aux services de Watson. Ce dernier a compilé toutes les données médicales de la patiente, y compris son profil génétique, et a mené des comparaisons avec des résultats issus de plus de 20 millions de cas relatés dans des études d'oncologie, selon les informations communiquées à l'agence de presse.

En quelques heures, l'ordinateur a pu établir un nouveau diagnostic d'une forme rare de leucémie et proposer un traitement qui s'est avéré efficace, toujours selon la NHK. Peu d'informations sont cependant disponibles concernant la date de la démarche ou les protocoles de soins testés avant le recours à Watson. Il faudra attendre la publication de ces cas dans une revue médicale pour juger de l'apport réel du calculateur dans ce cas. ■

J. I.

* Valproate et dérivés (Dépakine, Dépakote, Dépakamide, Micropakine et génériques).

Par Henri-Pierre Penel

Elles ont (presque) tout d'une grande !

Les minichaînes s'adaptent à la révolution des contenus dématérialisés. Web-radios, streaming, réseau, clés USB... plus rien ne leur échappe !



EN DÉPIT DE LEURS FAIBLES DIMENSIONS, les minichaînes disposent désormais de fonctionnalités et de caractéristiques dignes des appareils plus volumineux. Par ailleurs, elles bénéficient des dernières évolutions technologiques pour répondre à l'explosion des contenus dématérialisés : web-radios, lecture en streaming, lecteurs réseau, etc. Certains modèles abandonnent même le lecteur CD interne pour se consacrer exclusivement aux nouveaux supports que constituent les clés USB et le Net.

Mono-bloc ou éléments séparés ?

Il s'agit essentiellement d'un choix esthétique. Des blocs séparés peuvent être empilés ou posés côte à côte alors qu'un système mono-

bloc se présente comme un cube. Les deux configurations offrent des prestations identiques.

Quelle puissance retenir ?

La plupart des minichaînes sont équipées d'amplificateurs numériques (voir S. et A. n° 834, août 2016) leur permettant de délivrer une puissance importante en dépit de leur faible encombrement. Cependant, beaucoup donnent, à puissance égale, la sensation de faire « moins de bruit » que les enceintes de salon. Cette différence est liée au rendement des petites enceintes qui équipent les minichaînes. Celles-ci « gaspillent » beaucoup de puissance pour offrir un son de bonne qualité notamment dans le grave. Au-delà de la puissance proprement dite, il faudrait donc connaître la

pression acoustique maximale délivrée, exprimée en décibels (dB)... mais aucun constructeur ne la mentionne ! Néanmoins, tous les modèles retenus dans notre test garantissent un niveau d'écoute satisfaisant dans une pièce de taille moyenne.

Qu'est-ce que la fonction « lecteur réseau » ?

Elle permet aux minichaînes d'accéder à des contenus dématérialisés ou à de la musique en streaming, en se connectant au réseau domestique. Elles « récupèrent » ainsi le contenu des ordinateurs familiaux ou accèdent à Internet pour obtenir les morceaux disponibles en streaming ou se connecter à des services de musique en ligne (Deezer, Spotify). De même, elles ont accès

à plusieurs dizaines de milliers de radios disponibles par Internet (voir l'infographie ci-dessous), v-Tuner ou Tunein. L'APCM (Alliance pour les chiffres de la presse et des médias) en recense à elle seule 11 446 en juin 2016. Pour ce faire, l'écran des minichâînes propose de sélectionner la station recherchée en naviguant au sein d'une arborescence fournie, selon plusieurs chemins possibles. Le choix est si vaste qu'il est préférable d'associer une application à la télécommande pour une meilleure ergonomie (lire l'encadré ci-contre).

Que veut dire DAB ?

Le DAB (digital audio broadcasting) est à la radio ce que la TNT est à la télévision. Ce mode de transmission numérique devrait se substituer prochainement à la diffusion analogique en FM. C'est la Norvège qui devrait « basculer » la première en abandonnant définitivement la FM dès janvier 2017. Si le calendrier n'est pas encore fixé pour la France, les tuners des minichâînes estampillés DAB sont prêts à recevoir indifféremment la FM et le DAB.

À quoi servent la prise USB et le Bluetooth ?

Cette prise permet de lire les contenus musicaux stockés sur un disque dur nomade ou une clé USB. À condition que ceux-ci soient stockés sous un format reconnu par la minichâîne, le plus souvent MP3 et WAV. Les minichâînes les plus évoluées acceptent également les formats audio Hi-Res (FLAC) — voire le DSD — pour offrir une restitution de très haute qualité. Certaines sont aussi compatibles i-Phone, i-Pod ou i-Pad. Quant au Bluetooth, il s'agit essentiellement d'une fonction de confort permettant d'exploiter les contenus d'un smartphone sans avoir à le raccorder par câble.

De quelles entrées doivent-elles être équipées ?

Une entrée analogique, ou « entrée auxiliaire », permet de connecter à la minichâîne n'importe quel sys-

CONNEXION

Quand la tablette devient une « super-télécommande »

Si la télécommande est parfaite pour régler le volume ou sélectionner la plage d'un CD, elle n'est en revanche plus adaptée pour disposer des fonctionnalités les plus évoluées des minichâînes. Certes, on peut y accéder en utilisant les flèches multidirectionnelles du boîtier et en suivant les indications sur l'écran de la minichâîne, mais la manipulation est fort peu ergonomique. La plupart des constructeurs proposent donc des

applications dédiées, généralement disponibles gratuitement sur l'App Store (pour les équipements Apple) ou Google Play Store (pour les appareils fonctionnant sous Android). Elles transforment ainsi une tablette ou un smartphone en « super télécommande », permettant de naviguer plus aisément dans l'arborescence des musiques disponibles sur une clé USB ou un ordinateur connecté au réseau domestique, ou de rechercher une radio.

tème sonore analogique : lecteur de cassette, baladeur dépourvu de transmetteur Bluetooth, etc. Une entrée câble optique est aussi conseillée, moyen le plus simple de connecter la minichâîne à un téléviseur afin d'en exploiter le son à la qualité optimale.

La prise « subwoofer » est-elle indispensable ?

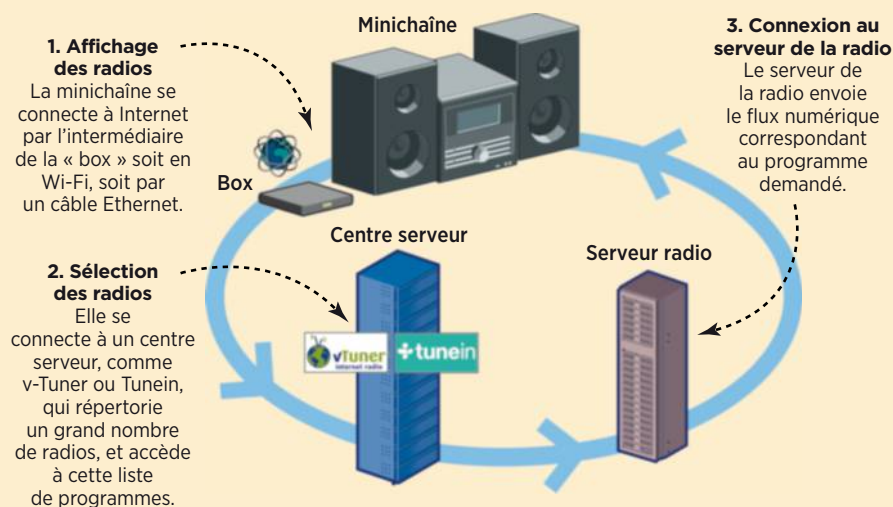
Elle a pour vocation de piloter un caisson optionnel destiné à amé-

liorer l'extrême grave. En effet, en raison de leurs dimensions réduites, les enceintes vendues avec les minichâînes se montent souvent peu à l'aise pour restituer les fréquences les plus basses. L'ajout d'un caisson est donc un atout pour améliorer le son du téléviseur lors des scènes d'action ou d'effets spéciaux. ■

Banc d'essai pages suivantes ►

Comment la minichâîne accède à une web-radio

Le monde des web-radios étant en perpétuelle évolution — créations, fermetures —, les minichâînes ne mémorisent pas directement leurs coordonnées.



LES MINICHAÎNES



MARQUE ET MODÈLE	Sony CMT-SBT20	Philips FX10	Pioneer X-CM56
Prix indicatif	130 €	199 €	279 €
Puissance	2 x 6 watts	2 x 15 watts	2 x 15 watts
Réponse en fréquence	Non précisé	Non précisé	Non précisé
Connectique	Entrée analogique, port USB	2 entrées analogiques, port USB	Entrée analogique, sortie casque, port USB
Lecteurs CD / réseau	Oui / Non	Oui / Non	Oui / Non
Compatibilité Hi-Res	Non	Non	Non
Liaisons sans fil	Bluetooth A2DP couplage par NFC	Bluetooth A2DP	Bluetooth A2DP couplage par NFC
Dimensions / Poids	170 x 133 x 222 mm / 1,3 kg (poids total) 148 x 240 x 127 mm	280 x 118 x 230 mm / 4,1 kg (poids total) 204 x 309 x 145 mm	200 x 129 x 237 mm / 2,3 kg (unité principale) 129 x 200 x 213 mm / 1,7 kg (enceintes)
Les plus	Faible encombrement, prix	Puissance disponible, design original, fonction réveil, prix	Design élégant, faible encombrement, disponible en quatre combinaisons de teintes
L'avis de 	Une petite chaîne parfaite pour une chambre ou un petit salon. Peu encombrante, elle se connecte très simplement à un smartphone en Bluetooth grâce à son jumelage assisté par NFC et peut exploiter les contenus d'une clé USB.	Une chaîne orientée junior au design high-tech affirmé. Si elle ne convient pas à toutes les décorations d'intérieur, elle est parfaitement à l'aise pour animer les soirées les plus endiablées.	Les enceintes peuvent être disposées horizontalement. Parfaite pour les pièces de superficie modérée, la Pioneer X-CM56 se décline également en version équipée d'un lecteur réseau et du Wi-Fi au prix de 349 €.



MARQUE ET MODÈLE	Denon Ceol N9	Yamaha MCR-N470	Marantz M-CR611
Prix indicatif	599 €	599 €	699 €
Puissance	2 x 65 watts	2 x 22 watts	2 x 60 watts
Réponse en fréquence	50 Hz à 20 kHz	55 Hz à 38 kHz	5 Hz à 40 kHz
Connectique	Entrée analogique, 2 entrées optiques, port USB, sortie casque, sortie caisson de grave, port Ethernet	2 entrées analogiques, port USB, sortie casque, sortie caisson de grave, port Ethernet	Entrée analogique, 2 entrées optiques, 2 ports USB, sortie casque, 2 sorties analogiques, sortie caisson de grave, port Ethernet
Lecteurs CD / réseau	Oui / Oui	Oui / Oui	Oui / Oui
Compatibilité Hi-Res	Oui	Oui	Oui
Liaisons sans fil	Wi-Fi, Bluetooth A2DP	Wi-Fi, Bluetooth A2DP	Wi-Fi, Bluetooth A2DP couplage par NFC
Dimensions/Poids	280 x 102 x 305 mm / 3,2 kg (unité principale) 153 x 233 x 200 mm / 2,4 kg (enceintes)	270 x 110 x 330 mm / 3 kg (unité principale) 154 x 274 x 237 mm / 2,6 kg (enceintes)	292 x 305 x 111 mm / 3,4 kg (unité principale) Pas d'enceinte fournie
Les plus	Lecture des fichiers audio Hi-Res, belle finition laqué blanc ou noir, puissance généreuse	Lecture des fichiers audio Hi-Res, fonction multiroom	Lecture des fichiers audio Hi-Res, finesse de la restitution, puissance généreuse
L'avis de 	Dernière-née de la gamme Ceol, la N9 se pare d'une finition laquée particulièrement élégante et bénéficie d'une grande pureté de lignes. Elle offre une prestation de haute qualité en termes de restitution sonore.	Il est possible d'adjoindre à la MCR-N470 d'autres enceintes pour diffuser la musique dans l'ensemble des pièces de l'habitation, qu'il s'agisse de CD ou de services dématérialisés.	Le constructeur ne fabriquant pas d'enceinte, il laisse à ses clients le choix d'associer celles qu'ils souhaitent à cet élément aux remarquables performances, qui mérite des enceintes de haute qualité.



Denon D-F109

499 €

2 x 65 watts

45 Hz à 40 kHz

2 entrées analogiques, port USB, 2 entrées optiques, entrée coaxiale, sortie caisson de grave, sortie casque

Oui / Élément optionnel

Oui

Bluetooth A2DP couplage par NFC

250 x 283 x 164 mm / 4,6 kg (2 éléments unité principale)
165 x 234 x 245 mm / 3,8 kg (enceintes)

Lecture des fichiers audio Hi-Res, design et qualité des finitions, puissance généreuse

Denon propose un ensemble conçu autour d'éléments séparés. Il est ainsi possible d'opter, ou non, pour le lecteur réseau qui se présente sous la forme d'un troisième boîtier aux cotes identiques à celles des deux boîtiers de base.



Sony CMT-SX7

560 €

2 x 50 watts

Non précisé

Entrée analogique, 2 ports USB (A et B), entrée optique, port Ethernet, sortie casque

Oui / Oui

Oui

Wi-Fi, Bluetooth A2DP couplage par NFC

225 x 115 x 265 mm / 2,7 kg (unité principale)
145 x 245 x 225 mm / 3,5 kg (enceintes)

Lecture des fichiers audio Hi-Res, faible encombrement, optimisation de la lecture des musiques compressées

Discrète grâce à ses dimensions réduites, cette petite chaîne saura offrir à un salon une ambiance musicale de qualité. Son entrée optique lui permettra même d'améliorer le son d'un téléviseur.



Yamaha MCR-N670

849 €

2 x 65 watts

55 Hz à 40 kHz

Entrée analogique, entrée optique, port USB, sortie casque, sortie caisson de grave, port Ethernet

Oui / Oui

Oui

Wi-Fi, Bluetooth A2DP

314 x 140 x 342 mm / 6,2 kg (2 éléments unité principale)
220 x 336 x 286 mm / 8,5 g (enceintes)

Lecture des fichiers audio Hi-Res, finitions élégantes, puissance généreuse.

Beaucoup de sobriété pour cette chaîne en deux éléments, dont les prestations n'ont rien à envier à celles d'éléments plus imposants. Les enceintes, de taille modeste, disposent d'une surprenante assise dans le grave.



Pioneer X-HM86

899 €

2 x 65 watts

Non précisé

Entrée analogique, entrée optique, 2 ports USB, sortie casque, sortie caisson de grave, port Ethernet

Oui / Oui

Oui

Wi-Fi, Bluetooth A2DP couplage par NFC

Non précisé
Non précisé

Lecture des fichiers audio Hi-Res, écran couleur, puissance généreuse.

Une nouveauté (disponible fin septembre) : certaines informations ne sont donc pas disponibles au jour où nous mettons sous presse. Son écran offrira une excellente ergonomie.



DKN X-Motion

Grimper des cols dans son salon

Le X-Motion est un vélo d'appartement connecté. Il suffit de sélectionner des parcours dans quatre pays (France, Espagne, Italie ou Australie) en mode Street View pour qu'il recrée virtuellement les dénivelés. Une occasion de se confronter à l'ascension du Ventoux ou du col de la Madeleine dans son salon.

1285 €

McIntosh Enceinte RS100

Du son haut de gamme sans fil

Le célèbre constructeur américain d'équipements Hi-Fi d'exception McIntosh présente la RS100, une enceinte sans fil de très haute qualité. Connectée en Wi-Fi elle peut s'utiliser seule ou en paire, pour une écoute stéréo. Il est possible d'associer jusqu'à 16 enceintes pour une diffusion multiroom.

1295 €



Echo Echo Note

Le smartphone abordable

Echo, nouvelle marque française de téléphones mobiles, présente une gamme de smartphones à prix particulièrement serré. L'Echo Note, son fleuron, dispose pourtant d'un appareil photo 13 Mp et d'un écran de 5,5" (14 cm), et il fonctionne sous Android 5.1.

129 € (hors offre opérateur)



Où sont les planètes ?



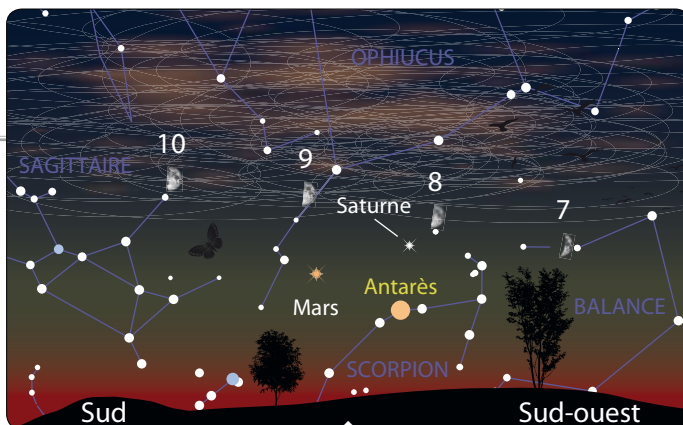
MERCURE
La petite planète, en conjonction avec le Soleil le 13, atteint sa plus grande distance angulaire (18°) à l'ouest de celui-ci le 28. Elle devient donc visible en fin de mois le matin au-dessus de l'horizon est. Le 28, elle se lève près de 1 h 40 min avant l'astre du jour.



VÉNUS L'étoile du Berger est observable en soirée, très bas dans la direction du couchant. Bien qu'éloignée d'une trentaine de degrés du Soleil, elle pâtit d'un écliptique bien peu incliné le soir et ne se couche qu'environ 1 h après notre étoile durant tout le mois.



MARS
La planète Rouge passe en quadrature orientale le 13. Elle se couche désormais avant minuit. En début de nuit, Mars est observable vers le sud-sud-ouest à une quinzaine de degrés de hauteur, sous la forme d'un point orangé encore assez brillant.



La scène est simulée une heure après le coucher du Soleil, du 7 au 10. La Lune passe en premier quartier le 9.

Les derniers feux d'un duo

LES PLANÈTES SATURNE ET MARS passent respectivement en quadrature orientale le 2 et le 13. À ces dates, elles se situent à 90° à l'est du Soleil et ne sont désormais plus observables qu'en première partie de nuit. Ce mois marque donc la fin de leur période de visibilité optimale. Profitez-en pour les observer !

ÉVÉNEMENT. L'ÉCLIPSE ANNULAIRE DU 1^{ER} SEPTEMBRE depuis le continent africain, l'île de Madagascar et l'océan Indien. La bande de centralité traversera l'île de La Réunion entre 14 h 08 et 14 h 12, heure locale (lire p. 8).

Elle perd un quart de son éclat au cours du mois.



JUPITER
La plus grosse des planètes, actuellement dans la constellation de la Vierge, est en conjonction avec le Soleil le 26. Elle n'est pas observable ce mois. Nous la retrouverons vers le levant au petit matin en octobre.

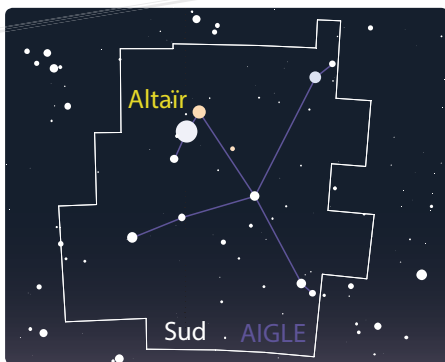


SATURNE Comme Mars, la planète aux anneaux passe en quadrature orientale ce mois (le 2). Basse sur l'horizon, moyennement brillante, Saturne se couche 3 h 40 après le Soleil en début de mois et 2 h 50 après lui en fin de mois.

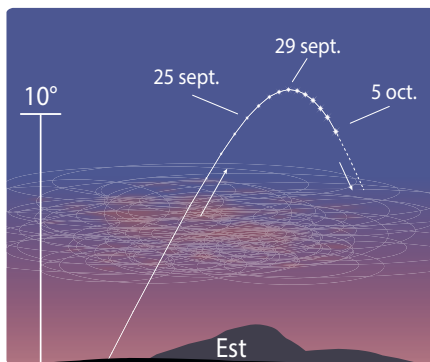
L'appli du mois



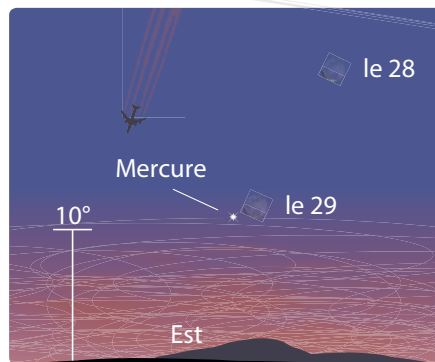
Atlas Plus Ciel & Espace est une application gratuite en français fonctionnant sous iOS et Android. Publiée avec le soutien du Cnes elle se présente sous la forme d'un atlas interactif destiné aux préadolescents. Elle aborde de nombreux sujets et inclut plus de 200 vidéos.



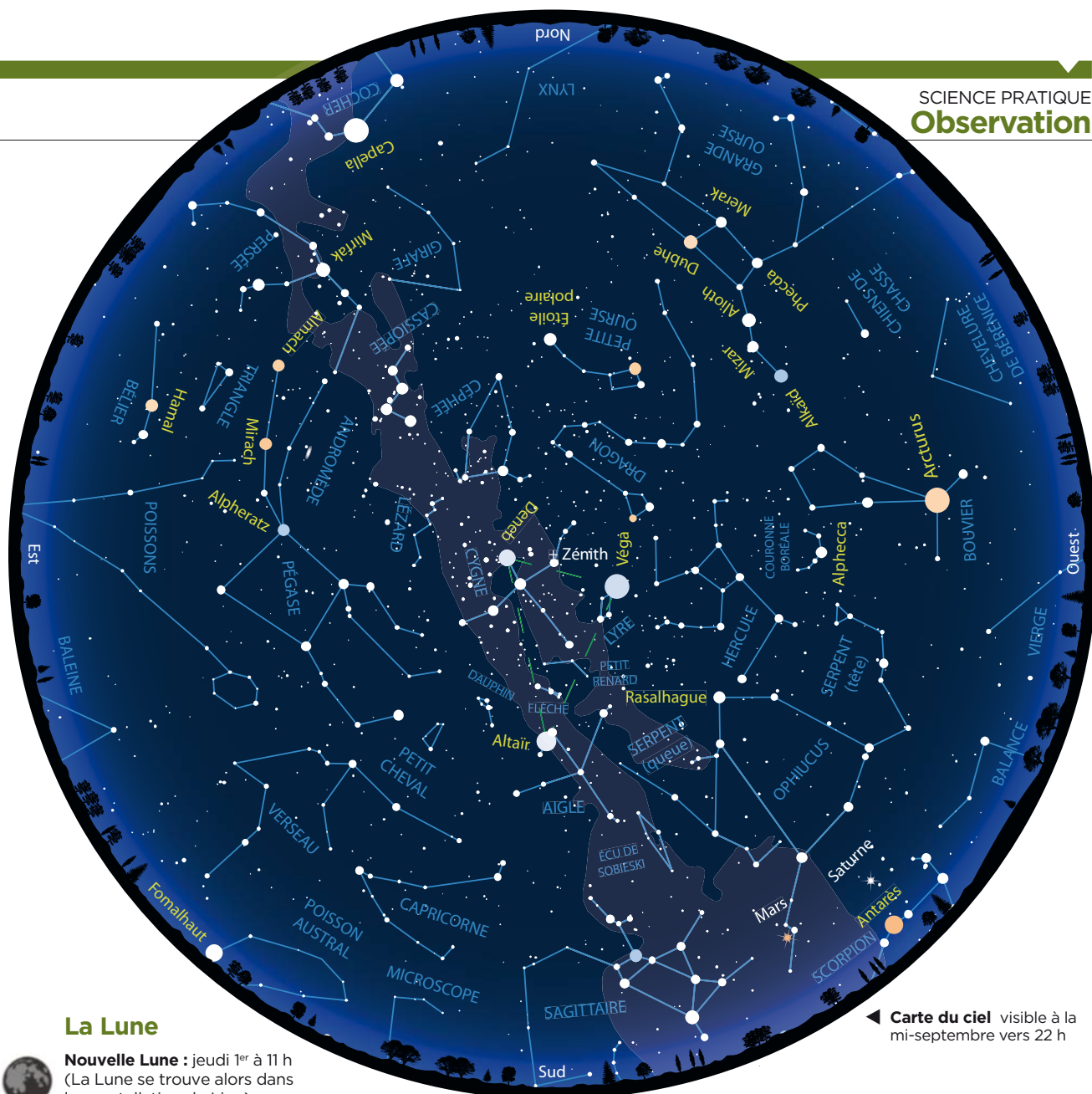
L'AIGLE EST UNE CONSTELLATION QUE L'ON RETROUVE TOUT CE MOIS vers le sud, à mi-hauteur, lorsque la nuit devient noire. Elle héberge une étoile de première grandeur, Altair.



LA POSITION DE MERCURE EST MONTRÉE CHAQUE JOUR, 30 minutes avant le lever du Soleil. L'éclat de la planète gagne un facteur trois entre le 25 septembre et le 5 octobre.



LE MATIN DU 29, UN TRÈS FIN CROISSANT DE LUNE baigné de lumière cendrée passe à moins de 2° de la planète Mercure. Nous sommes ici une demi-heure avant le lever du Soleil.



La Lune



Nouvelle Lune : jeudi 1^{er} à 11 h
(La Lune se trouve alors dans la constellation du Lion)



Premier quartier : vendredi 9 à 14 h (Ophiucus)



Pleine Lune : vendredi 16 à 21 h (Verseau)



Dernier quartier : vendredi 23 à 12 h (Orion)

Éclipse de Lune par la pénombre le 16, en partie visible en France en soirée et en début de nuit.

Le Soleil

(à Paris)

Lever Coucher

1^{er} septembre 7 h 08 20 h 32

30 septembre 7 h 49 19 h 31

Éclipse annulaire de Soleil le 1^{er}, invisible en métropole, annulaire sur l'île de La Réunion (*lire ci-contre et p. 8*). Équinoxe d'automne le 22 à 16 h.

D'où voir le ciel

Notre carte tracée pour une latitude de 47° nord montre le ciel visible en France métropolitaine, et plus largement en Europe et dans

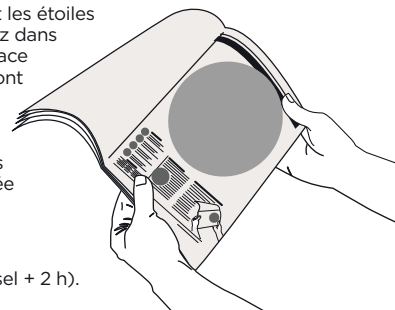


le monde, à l'intérieur d'une bande s'étendant de 40 à 54° de latitude nord. Si vous êtes au nord du 47° parallèle, l'étoile Polaire sera plus haute dans votre ciel et plus basse dans le cas contraire.

Les heures sont données en heure légale française (temps universel + 2 h).

Comment utiliser cette carte

Faites tourner votre magazine sur lui-même, de façon à ce que le nom de la direction dans laquelle vous observez soit écrit à l'endroit. Les constellations et les étoiles que vous retrouverez dans le ciel qui vous fait face sont toutes celles dont le nom est lisible sans trop pencher la tête. La position des planètes visibles à l'œil nu est indiquée pour le 15 du mois.



◀ **Carte du ciel** visible à la mi-septembre vers 22 h

EXPOSITIONS

Besançon (25)

L'horloge de ma grand-mère

Trois cents ans de comtoises, parmi les plus populaires horloges françaises, racontés au travers d'une quarantaine de pièces.

Musée du Temps, 96, Grande-Rue, jusqu'au 30 octobre.

Rens. : 03.81.87.81.50

Châteaudun (28)

Singes, nos cousins primates

Panneaux, spécimens naturalisés, crânes, empreintes... pour expliquer la proximité du singe avec l'homme et aussi ses spécificités dans son environnement.

Musée des Beaux-Arts et d'Histoire naturelle, 3, rue Toufaire, jusqu'au 2 janvier 2017.

Rens. : 02.37.45.55.36.

Lewarde (59)

Écrire la mine

Émile Zola, Jules Verne, Jules Mousseron... Des extraits à lire ou à écouter, des projections et des objets pour rendre compte de la richesse et de la diversité des écrits sur la mine. Une présentation complétée par une seconde exposition consacrée à *Germinal*.

Centre historique minier, musée de la Mine du Nord-Pas-de-Calais, fosse Delloye, rue d'Erchin, jusqu'au 31 décembre.

Rens. : 03.27.95.82.82.

Meaux (77)

1 milliard d'obus, des millions d'hommes

Exposition consacrée à l'artillerie en 1914-1918 à l'occasion du centenaire des batailles de Verdun et de la Somme.

Musée de la Grande-Guerre, rue Lazare-Ponticelli, jusqu'au 5 décembre.

Rens. : 01.60.32.14.18.

Paris (75)

Homme blanc, homme noir

Une vision inédite des rapports entre l'Occident et l'Afrique



Paris (75)/Exposition

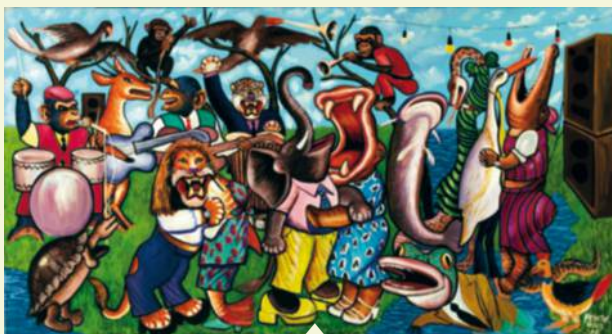
Le grand orchestre des animaux

« Du grand orchestre polyphonique des voix de la nature à celui des images, l'exposition témoigne de la profusion des représentations animales contemporaines avec des œuvres d'artistes originaires d'Asie, d'Afrique, d'Amérique et d'Europe. » La présentation officielle est parfaitement juste. Outre les œuvres d'une douzaine d'artistes, c'est surtout un aspect encore peu connu de l'éthologie qui retient l'attention :

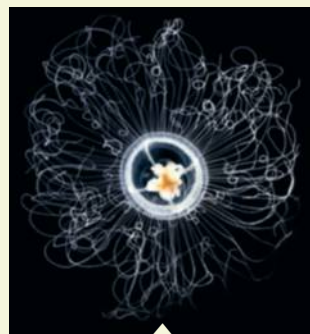
la bioacoustique, avec le travail pionnier de l'Américain Bernie Krause. Cet ancien musicien a commencé à enregistrer les sons de la nature il y a cinquante ans. Ici, ils prennent corps, traduits en spectres lumineux, avec des « sonogrammes » qui oscillent et scintillent. La salle où on les écoute tient de la crypte : une expérience immersive, qui emmène le visiteur à la découverte de ces « paysages sonores » enregistrés au

Canada, aux États-Unis, au Brésil, en Afrique et dans les abysses des océans. Inoubliable. En parallèle, la Fondation Cartier propose « Plancton, aux origines du vivant », une installation réalisée par l'artiste Shiro Takatani à partir des photographies de Christian Sardet, directeur de recherche au CNRS. ■ Patrick Le Fur

Fondation Cartier, 261, boulevard Raspail, jusqu'au 8 janvier 2017. Rens. : 01.42.18.56.50.



« L'Orchestre dans la forêt », du Congolais Moké, et une méduse photographiée par Christian Sardet.



C. BARDET AND THE MACRONAUTS / PLANKTON CHRONICLES

à travers 90 objets et photographies consacrés aux représentations de l'occidental dans l'art africain du xx^e siècle.

Musée du Quai-Branly, atelier Martine-Aublet, 37, quai Branly, jusqu'au 9 octobre. Rens. : 01.56.61.70.00.

Le Colorado, le fleuve qui n'atteint plus la mer

Les photographies de Franck Vogel témoignent des ravages de la surexploitation du fleuve américain, qui ne se jette

même plus dans la mer, faute de débit suffisant.

Pavillon de l'Eau, 77, avenue de Versailles, jusqu'au 30 décembre. Rens. : 01.42.24.54.02.

Quand Charcot gagnait le Sud

À l'occasion du 80^e anniversaire de la disparition du commandant Charcot, présentation du fruit d'un minutieux inventaire des fonds photographiques liés aux expéditions Charcot. Maison de l'Amérique latine, 217, boulevard Saint-Germain, du 1^{er} septembre au 1^{er} octobre. Rens. : 01.49.54.75.00.

Rennes (35)

Laboratoire de Merlin

Plus de 30 modules interactifs pour jouer avec les

mathématiques, l'optique, la mécanique... À partir de 6 ans. Espace des sciences, Les Champs-Libres, 10, cours des Alliés. Rens. : 02.23.40.66.00.

Saint-Antoine-l'Abbaye (38)

Bâtisseurs d'éternité

Un voyage au cœur de l'histoire des bâtisseurs au Moyen Âge et à l'époque moderne au gré de peintures, estampes, objets d'art, manuscrits, maquettes d'architecture et sculptures.

Musée, Le Noviciat, jusqu'au 9 octobre. Rens. : 04.76.36.40.68.

Toulouse (31)

Les nouveaux animaux de compagnie

Depuis une trentaine d'années, un certain nombre d'animaux

exotiques et sauvages (oiseaux, poissons, petits rongeurs) ont rejoint nos compagnons familiers pour former les « nouveaux animaux de compagnie » ou « NAC ». Muséum, 35, allée Jules-Guesde, jusqu'au 18 juin 2017. Rens. : 05.67.73.84.84.

Versailles (78)

Versailles et l'indépendance américaine

À l'occasion des 240 ans de la déclaration d'Indépendance américaine, retour sur le conflit durant lequel se sont croisés les destins de trois pays : les États-Unis, le Royaume-Uni et la France.

Château de Versailles, galerie des Batailles, jusqu'au 2 octobre. Rens. : 01.30.83.78.00.

CONFÉRENCES

Brest (29)

L'acidification, l'autre problème du CO₂

Par Sophie Martin, chargée de recherches CNRS à la station biologique de Roscoff.

Océanopolis, port de plaisance du Moulin-Blanc, le 20 septembre à 20 h 30. Rens. : 02.98.34.40.40.

Enghien-les-Bains (95)

L'intelligence artificielle : quel monde prépare-t-elle ?

Bar des sciences avec la participation de Laurence

Devillers, chercheuse au Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur du CNRS, Yann Lechelle, chef des opérations de la start-up Snips, et Sébastien « Firecake » Lebbe, joueur professionnel de jeu vidéo.

Salle des fêtes, 18, avenue de Ceinture, le 27 septembre à 19 h 30. Rens. : 07.82.28.33.61.

Paris (75)

Les arts de l'Islam en France : collections, trésors et découvertes archéologiques

Journée de conférences sur les arts de l'Islam dans les collections publiques françaises. Musée du Louvre, auditorium, le 12 septembre à 9 h 30. Rens. : 01.40.20.53.17.

Paris (75) et Lyon (69)



Sport : quelles limites pour le corps ?

Conférence du cycle « Santé en questions » avec Agnès Roby-Brami, de l'Institut des systèmes intelligents et de robotique (Paris), Jean-François Toussaint, directeur de l'Institut de recherche biomédicale et d'épidémiologie du sport (Paris), Alessandro Farnè, du Centre de recherches en neurosciences de Lyon, et

Adrien Duvillard, ancien champion de ski alpin. Cité des sciences et de l'industrie, 30, avenue Corentin-Cariou, en duplex avec le musée des Confluences à Lyon, le 22 septembre 2016 à 19h. Rens. : conferences@universcience.fr

ET AUSSI...

Paris (75)



S3Odéon

Ce cycle de conférences, courtes et scénarisées sur le modèle TEDx, invite des acteurs du monde académique, universitaire et des établissements de recherche ou de soins à proposer aux citoyens curieux une réflexion sur les défis de la santé de demain.

Théâtre de l'Odéon, le 3 septembre à 11 h.

Tout le programme sur www.s3odeon.fr

Le Festival vivant

Trois jours de forums, d'ateliers et de rencontres pour débattre des usages du vivant, des productions biosourcées, des interventions génétiques ou de l'avenir des techniques et pratiques agricoles.

Campus de l'université Paris-Diderot, 5, rue Thomas-Mann, du 15 au 17 septembre.

Programme sur www.lefestivalvivant.org

Paris (75)/Théâtre



Mademoiselle Frankenstein



Christelle Maldague (Mary Shelley) et **Frédéric Gray** (Lazzaro Spallanzani).

2016, l'année Frankenstein : la Britannique Mary Shelley inventa il y a 200 ans cette histoire « à faire se dresser les cheveux sur la tête ». C'est elle, la Mademoiselle Frankenstein de cette pièce qui imagine sa confrontation avec un dénommé Lazzaro Spallanzani. Ce trouble personnage veut découvrir les véritables raisons pour lesquelles elle a écrit son histoire. Leur affrontement est passionnant : œil noir, cheveu hirsute, chapeau claqué et queue-de-pie, le Lazzaro de l'acteur Frédéric Gray incarne bien les figures classiques du cinéma fantastique. Face à lui, Christelle Maldague fait fendre l'armure de sa rigide Mary Shelley pour restituer avec émotion la psyché de la jeune écrivaine. Admirablement servi par les jeux de lumière, l'ambiance sonore et le décor, ce beau duo d'acteurs frappe par sa vérité : cette troupe aime le fantastique et le démontre. Le genre étant si mal servi en France, on ne pourra que s'en féliciter. **O. L.**

Folie Théâtre, 6, rue de la Folie-Méricourt, les vendredis et samedis à 21 h du 2 septembre au 26 novembre. Rens. : 01.43.55.14.80. Des places à gagner en jouant à partir de début septembre sur sciav.fr/835frankenstein



JACOB KHREST

Le DJ techno Ben Clock au Weather Winter festival.

Paris (75)/Exposition

Electrosound

Les antiques thérémine ou ondes Martenot, l'étrange Synthi AKS ou l'énorme Fairlight CMI... Derniers jours pour aller voir cette exposition d'instruments ayant fait l'histoire de la musique électronique depuis les années 1930. Une aventure qui débute avec la manipulation d'ondes et de champs magnétiques grâce à des outils de laboratoire détournés et aboutit au règne des boîtiers miniaturisés et des interfaces tactiles. Le nombre de pièces présentées est impressionnant. Elles racontent une histoire industrielle et scientifique où se mêlent électronique, physique, informatique et télécoms ! Clou de l'exposition : la possibilité de tester divers instruments. **A. D.**

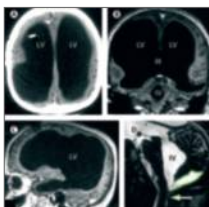
Espace Fondation EDF, 6 rue Récamier, jusqu'au 2 octobre. Rens. : 01.53.63.23.45.

INSOLITE

Un homme vit avec seulement 10 % de son cerveau



Lise Loumé, rédactrice santé
@LysLoume ✉ lloume@sciencesetavenir.fr



À l'âge de 44 ans, ce Français se rend à l'hôpital pour une douleur à la jambe gauche et découvre que 90 % de son cerveau est rempli de liquide céphalorachidien.

Ce cas clinique demeure un mystère.

sciav.fr/835insolite

RECHERCHE

Brexit : quel avenir pour la science britannique ?



Dominique Leglu, directrice de la rédaction
@dominiqueleglu ✉ dleglu@sciencesetavenir.fr

En « état de choc », les chercheurs britanniques cherchent des solutions pour continuer à faire des sciences en Europe. Notre reportage à l'ESOF, le plus grand forum scientifique européen, qui s'est tenu cette année à Manchester.

sciav.fr/835brexit



SHUTTERSTOCK



OLIVIER LASCAR

SANTÉ

Les plantes qui soignent en vidéo



Olivier Lascar, rédacteur en chef pôle digital
@olascar ✉ olascar@sciencesetavenir.fr

Olivier Escuder, botaniste au Muséum national d'histoire naturelle, a guidé la caméra de *Sciences et Avenir* à travers les bosquets du Jardin des Plantes, à Paris.

Dans une série de vidéos, il dévoile les vertus médicinales d'une quinzaine de végétaux, du coquelicot à la chicorée en passant par le thym, la salicaire ou la reine-des-prés.

sciav.fr/835plantes

POUR TOUT SAVOIR DE LA SCIENCE

SI VOUS AVEZ...

2 minutes

Animaux Un univers étrange : le monde vu par les chats



SPA

Vision, ouïe, odorat, goût... Les sens des félins leur font percevoir le monde d'une façon très différente de la nôtre. Pour se mettre dans la peau d'un chat.

sciav.fr/835chat

10 minutes

Recherche L'accélérateur de particules Sesame



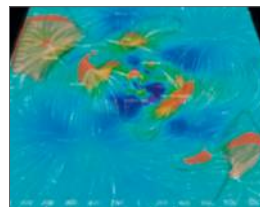
CERN

Cette « source de lumière » infrarouge et X réunit des scientifiques de 9 pays généralement peu enclins à coopérer, dont l'Autorité palestinienne, Israël ou l'Iran.

sciav.fr/835sesame

15 minutes

Espace La théorie du « grand repoussoir »



TECHNION

Notre galaxie, attirée à 630 kilomètres par seconde vers un point de l'Univers, y serait-elle repoussée par une autre région en train de se vider ?

sciav.fr/835fonda

Nos liens internet simplifiés.
sciencesetavenir.fr devient **sciav.fr**

Les liens Internet conseillés dans les pages du journal le sont sous la forme du préfixe sciav.fr/ suivi de chiffres et de lettres qu'il faut taper intégralement dans la barre de navigation de votre navigateur Internet en respectant les majuscules et les minuscules. Ainsi dans le texte ci-dessus, le lien sciav.fr/835insolite renvoie directement à la page du site de *Sciences et Avenir* où vous pourrez lire cet article.



Vous êtes déjà plus de 1,5 million à nous suivre sur Facebook



mgen[★]

MUTUELLE
SANTÉ
PRÉVOYANCE

MA SANTÉ, C'EST SÉRIEUX.

**J'AI
CHOISI
MGEN**

Maladie, dentaire, optique, mais aussi prévoyance intégrée et services d'accompagnement en cas de coups durs : MGEN garantit une protection performante à chaque moment de ma vie et couvre efficacement mes frais de santé. Pour ma santé, je veux être bien entourée : comme près de 3,8 millions de personnes, j'ai choisi MGEN.

mgen.fr

MGEN, Mutuelle Générale de l'Éducation Nationale, n°775 685 399, MGEN Vie, n°441 922 002, MGEN Filia, n°440 363 588, mutuelles soumises aux dispositions du livre II du code de la Mutualité - MGEN Action sanitaire et sociale, n°441 921 913, MGEN Centres de santé, n°477 901 714, mutuelles soumises aux dispositions du livre III du code de la Mutualité.



L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. À CONSOMMER AVEC MODÉRATION.